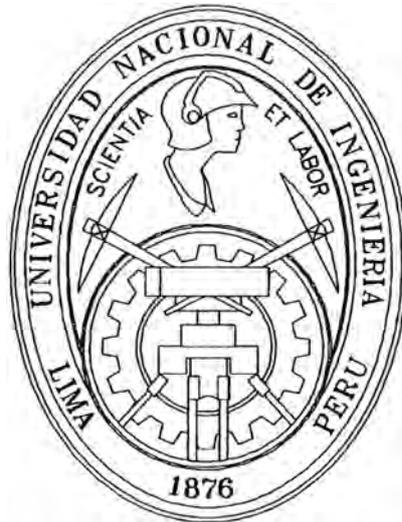


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PINTURAS
PARA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA DEL
ACERO EN AMBIENTES INDUSTRIALES”**

TESIS

Para obtener el Título Profesional de
INGENIERO QUÍMICO

JUAN ANTONIO QUIROZ GARCIA

Promoción 94 - I

Lima - Perú

2006

**Dedicada a mi esposa:
Delia Rut Carranza de Quiroz y
a mi hija Keila**

"Mas gracias sean dadas a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo"

(1º Corintios 15:57)

"Y todo lo que hacéis, sea de palabra o de hecho, hacedlo todo en el nombre del Señor Jesús, dando gracias a Dios Padre por medio de él"

(Colosenses 3:17)

Doy gracias a Dios por esta bendición suya, en el nombre de Jesucristo, mi Señor.

También deseo agradecer a todas las personas que en diferentes formas contribuyeron a la culminación del presente trabajo de tesis.

RESUMEN

En la presente tesis se plantea la **selección de sistemas de pintura** de esta forma:

1° Se considera un grupo de sistemas de pinturas y un grupo de casos específicos.

2° Se asigna el o los sistemas de pinturas adecuados a cada caso específico.

Un **sistema de pinturas** es el conjunto formado por una o más capas de pintura de distinto tipo, superpuestas sobre la superficie del objeto con la finalidad de protegerlo de la corrosión. También se denomina así al conjunto de pinturas que forman tales capas. Se especifica un sistema de pinturas indicando:

- El número de capas de pintura (generalmente son 3)
- El tipo de pintura de la capa respectiva,
- El espesor de la capa respectiva (llamado espesor de película seca)

Un tipo de pintura se identifica por el tipo de resina y de pigmento que lo forman.

Se han considerado un total de 24 tipos de pinturas y con ellos se han conformado un total de 23 sistemas de pinturas.

Un **caso específico**, es la situación particular que se describe eligiendo una opción de cada uno de los cuatro (4) factores claves siguientes (las opciones de cada factor están entre paréntesis):

- Ambiente o factor agresivo (exterior industrial marino, exterior industrial seco, alta humedad, soluciones acuosas, abrasión, alta temperatura, solventes)
- Tipo de metal (acero al carbono, acero galvanizado)
- Apariencia del acabado (mate, brillante)
- Limpieza factible (manual/mecánica, chorro de abrasivos hasta metal blanco)

Para relacionar el sistema de pinturas adecuado a cada caso específico se reúne:

- Conceptos y datos de la bibliografía especializada
- Información obtenida de páginas web, en especial de www.nervion.com.mx
- Información obtenida de fábricas peruanas de pinturas
- Un programa de computadora que facilite realizar tal selección

Se recomienda que los resultados de la selección se confirmen mediante ensayos de campo y/o laboratorio.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
<u>CAPÍTULO I</u>	
INTRODUCCIÓN	10
<u>CAPÍTULO II</u>	
FUNDAMENTOS DE CORROSIÓN	12
2.1 Definición de corrosión	12
2.2 Mecanismos de corrosión	12
2.2.1 Mecanismo de oxidación directa	12
2.2.2 Mecanismo electroquímico	13
<u>CAPÍTULO III</u>	
EL SUSTRATO	15
3.1 Definición de sustrato	15
3.2 Tipos de sustrato	15
3.2.1 Acero al carbono	16
3.2.2 Acero galvanizado	16
3.3 Preparación de Superficie	17
3.3.1 Tipos de preparación de superficie	16
3.3.2 Preparacion de superficie representativas según el metal	19
<u>CAPÍTULO IV</u>	
MEDIOS AGRESIVOS HABITUALES EN LA INDUSTRIA	20
4.1 Ambiente Atmosférico	20
4.1.1 Tipos de atmósfera	20
4.1.2 Categorías de corrosividad atmosférica	21
4.1.3 Factores atmosféricos corrosivos	22

4.1.4	Correspondencia Tipo de atmósfera-Corrosividad	23
4.1.5	Ambientes atmosféricos industriales típicos	23
4.2	Medios agresivos químicos	24
4.2.1	Ácidos y bases	24
4.2.2	Solventes orgánicos	24
4.2.3	Alta humedad	24
4.3	Factores de agresividad física	25
4.3.1	Alta temperatura	25
4.3.2	Abrasión	25

CAPÍTULO V

	PINTURAS ANTICORROSIVAS	26
5.1	Conceptos básicos	26
5.1.1	Definiciones	26
5.1.2	Constituyentes de una pintura	27
5.1.3	Partes de una pintura	27
5.1.4	Componentes de una pintura	28
5.1.5	Mecanismos de protección de las pinturas	28
5.2	Resinas	29
5.2.1	Resina Aceite secante	31
5.2.2	Resina Alquídica	36
5.2.3	Resinas Epóxicas	40
5.2.4	Resina Epoxi amina alifática	43
5.2.5	Resina Epoxi aducto amina	45
5.2.6	Resina Epoxi poliamida	47
5.2.7	Resinas de Poliuretano	49
5.2.8	Resina de poliuretano modificado con aceite	52
5.2.9	Resina de poliuretano de curado húmedo	53
5.2.10	Resina de poliuretano alifático	55
5.2.11	Resinas Acrílicas	56
5.2.12	Resina Acrílica hidroxilada	58

5.2.13	Resina cumarona	59
5.3	Pigmentos	60
5.3.1	Clasificación de pigmentos	60
5.3.2	Tipos de concentración de pigmento en la pintura	60
5.3.3	Compuestos de cromo	61
5.3.4	Compuestos de plomo	62
5.3.5	Óxido férrico	63
5.3.6	Aluminio	64
5.3.7	Fosfato de zinc	64
5.4	Aditivos	64
5.5	Pinturas anticorrosivas representativas	65
5.5.1	Pinturas ricas en zinc	65
5.5.2	Pinturas orgánicas ricas en zinc	66
5.5.3	Pinturas inorgánicas ricas en zinc	69
5.5.4	Pintura inorgánica de zinc tipo post curado	69
5.5.5	Pintura inorgánica de zinc tipo autocurante	71
5.5.6	Pintura inorgánica de zinc tipo silicato orgánico	72
5.5.7	Características de las pinturas inorgánicas de zinc	73
5.5.8	Pintura de silicona o polixiloxano	75
5.5.9	Pinturas consideradas para el proceso de selección	76
5.6	Sistema de pinturas	83
5.6.1	Definición	83
5.6.2	Compatibilidad entre pinturas	84
5.6.3	Sistemas de pinturas considerados para selección	85

CAPÍTULO VI

	SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PINTURAS	86
6.1	Introducción	86
6.2	Criterios generales	87
6.3	Método de selección: Eliminación	87
6.4	Consideraciones en la selección del recubrimiento	90

6.4.1	Evaluación de las condiciones de operación	92
6.4.2	Compatibilidad	92
6.4.3	El sustrato	95
6.4.4	El ambiente	96
6.4.5	Problemas del suelo	98
6.4.6	Superficie interna o externa	99
6.4.7	Condiciones corrosivas	100
6.4.8	Contaminación del producto	101
6.4.9	Curado del recubrimiento	102
6.4.10	Preparación de superficie	103
6.4.11	Tiempo	105
6.4.12	Seguridad	106
6.4.13	Experiencia previa	107
6.4.14	Costo de las pinturas	108
6.4.15	Propiedades de las pinturas	110
6.4.16	Comparación de pinturas genéricas	110
6.4.17	Ensayos comparativos	111
6.5	Resumen de las consideraciones para la selección de Sistemas de pinturas	113
6.6	Asignación de atributos a los sistemas de pinturas en Función de las propiedades de las pinturas	114

CAPÍTULO VII

	DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA	139
7.1	Base de datos de los sistemas de pinturas	139
7.1.1	Especificación de los sistemas de pinturas	140
7.1.2	Atributos de los sistemas de pinturas	142
7.1.3	Especificación y propiedades de las pinturas	145
7.2	Proyecto de aplicación	150
7.2.1	Formulario 1: Menú de requerimientos	151
7.2.2	Formulario 2: Resultado de la selección	154

7.2.3	Formulario 3: Descripción del sistema de pinturas	158
7.2.4	Formulario 4: Descripción de la pintura.	162

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		166
8.1	Conclusiones	166
8.2	Recomendaciones	166

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA	167
---------------------	------------

CAPÍTULO X

ANEXOS	169
Anexo 1	169
Anexo 2 A	174
Anexo 2 B	176
Anexo 2 C	177
Anexo 2 D	178
Anexo 2 E	179
Anexo 3	180
Anexo 4	181
Anexo 5	182
Anexo 6	183
Anexo 7	184

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El acero al carbono, denominado simplemente acero, es una aleación de hierro y carbono. El carbono está contenido en una proporción que puede variar desde 0.25% a 2% en peso. Su bajo costo con respecto a otros metales y sus excelentes propiedades mecánicas han determinado que su uso sea muy difundido en la manufactura de diversos tipos de objetos. La industria de procesos químicos lo utiliza como material estructural, en sus equipos, chimeneas, contenedores y conductos de fluidos, pisos, etc. Al mismo tiempo es en este ambiente donde el acero es atacado por casi cualquier vapor o líquido al cual se encuentre expuesto. La rapidez del deterioro del acero puede determinar que se busque reemplazarlo por otro metal que aunque tenga mayor costo, signifique mayor duración.

Otra alternativa es implementar medidas de protección anticorrosiva. Existen varios métodos según el caso: inhibidores en el caso de conductos para líquidos o vapores, protección catódica para estructuras enterradas o en inmersión, pero la más difundida es el uso de recubrimientos de pintura. Muchas veces, la superposición de dos o tres capas de diferentes pinturas resulta más efectiva que utilizar una capa gruesa de un solo tipo. Tal superposición es denominada sistema de pinturas.

Aún cuando se presentan situaciones en las que las condiciones extremas imperantes destruirían cualquier tipo de pintura (por ejemplo en el interior de un caldero), mayormente es posible recurrir a ellas para mitigar la corrosión, tal es así que es el método anticorrosivo más difundido por su facilidad de aplicación (a brocha o con pistola de pintar), su costo relativamente bajo (por ejemplo comparado con el de los inhibidores para conductos de petróleo) pero sobre todo por la efectividad con que protege al acero cuando se ha realizado una correcta selección y una adecuada aplicación.

El estudio de la selección de sistemas de pinturas para la protección anticorrosiva del acero en ambientes industriales se justifica en razón de las evaluaciones de expertos en corrosión y protección contra la corrosión, (tal como el Informe Hoar redactado en Inglaterra) las cuales señalan que:

- Las pérdidas anuales causadas por la corrosión a nivel mundial, son aproximadamente el 3,5 % del producto nacional bruto. Esto se relaciona con el hecho de que entre 1/4 y 1/3 de la producción mundial del acero se destina a la reposición de las estructuras deterioradas por la corrosión.
- No es posible eliminar la corrosión porque termodinámicamente el acero es más estable en estado combinado (con el oxígeno y otros elementos) que en estado elemental.
- Los daños por corrosión pueden ser disminuidos con métodos de protección orientados a obstruir el proceso corrosivo hasta hacerlo bien lento. En este caso, el ahorro sería de 22,7 % (por ejemplo, 100 nuevos soles de pérdida podrían ser reducidos a sólo 77,30 nuevos soles).
- Es previsible que se obtengan mayores como resultado de mejor uso de los conocimientos ya adquiridos que por los nuevos descubrimientos tecnológicos.

En función de estos resultados, los expertos recomiendan lo siguiente:

- Mejor diseminación de la información sobre corrosión y protección
- Mayor educación en materia de corrosión
- Tomar conciencia sobre los riesgos de la corrosión.

Por otro lado, la aplicación de pinturas es el método más ampliamente utilizado en la protección contra la corrosión metálica. Se calcula que por cada 100 m² de superficie metálica expuesta a la corrosión, unos 85 a 90 m² están protegidos con pinturas.

Todas estas razones justifican el tema de la presente tesis.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE CORROSIÓN

2.1 DEFINICIÓN DE CORROSIÓN.

En general, se define la **corrosión** como el deterioro de una sustancia o de sus propiedades debido a su reacción con el medio al que está expuesto, que a su vez se produce por la tendencia hacia el estado de equilibrio estable.

Para el caso particular en que la sustancia es un metal se habla de la **corrosión metálica**, la cual se explica más específicamente como el proceso inverso de la industria extractiva, en virtud del cual los materiales metálicos tienden a volver al estado combinado en el que se encuentran en la naturaleza.

2.2 MECANISMOS DE CORROSIÓN.

Se denomina mecanismo de corrosión a la forma en que se desarrolla un proceso corrosivo. Para la corrosión metálica, hay 2 tipos:

2.2.1 Mecanismo de oxidación directa.

Es el mecanismo en el que no hay intervención de un electrolito, es decir, no hay presencia de un líquido con iones en movimiento (como una sal fundida o en disolución acuosa). Se forman los iones metálicos en toda la superficie, en la interfase metal/productos de corrosión, y difunden, al igual que los electrones liberados, en dirección a la interfase externa productos de corrosión/atmósfera, donde se generan los aniones agresivos $O^=$, $S^=$, Cl^- , etc., según sea el caso, los

cuales difunden en sentido contrario. La reacción se produce en el lugar de encuentro, normalmente en la interfase externa, debido a que el volumen relativamente menor de los cationes les permite difundirse a mayor velocidad que los aniones. A la corrosión que se desarrolla siguiendo este mecanismo se le denomina corrosión seca o también corrosión a altas temperaturas. Un esquema de esta forma de ataque se muestra en la Fig. 2.1

2.2.2 Mecanismo Electroquímico.

Este mecanismo se describe a través de pilas de corrosión que constituyen un caso particular de celda galvánica, dado que se reúnen sus cuatro componentes básicos:

- **Conductor de electrones:** es el metal mismo en la parte que no reacciona. Algunos no metales como el grafito también son conductores de electrones.
- **Conductor de iones ó electrolito:** es un líquido que contiene iones en movimiento. Mayormente consta algún compuesto iónico disuelto en agua.
- **Ánodo:** es la parte de la superficie metálica donde ocurre la oxidación del mismo metal debido a que al entrar en contacto con el electrólito se establece un potencial de reducción menor al resto de la superficie (producida por una zona inestable del metal o una deficiencia de sustancias reductoras en el electrólito). Dicha reacción da lugar a la transformación del metal en iones metálicos los cuales pasan al electrólito.
- **Cátodo:** es la parte de la superficie metálica donde ocurre la reacción de reducción debido a que al entrar en contacto con el electrólito se establece un potencial de reducción mayor que en el ánodo. Para que esto ocurra debe estar presente una sustancia con tendencia a la reducción, mayormente se trata del oxígeno.

Las reacciones consideradas conjuntamente constituyen el proceso global de corrosión. Los electrones liberados en los ánodos van por el conductor metálico hacia los cátodos y se consumen, a la vez que aniones y cationes se conducen por el electrolito. Al tipo de corrosión que se desarrolla siguiendo este mecanismo se

le denomina corrosión electroquímica. Este es el tipo de corrosión más común. Un esquema de este tipo de ataque se muestra en la Fig. 2.2

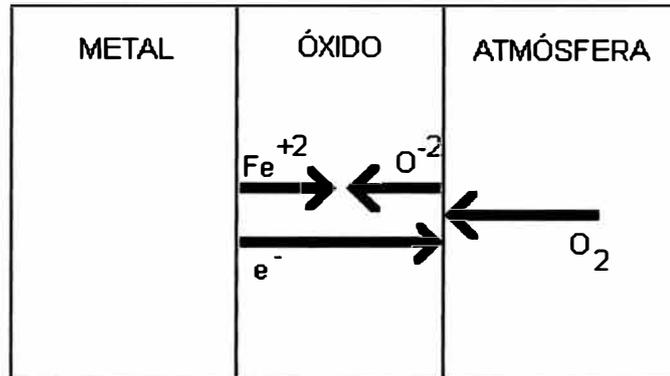


Fig. 2.1 Esquema del mecanismo de oxidación directa, caso del hierro (las flechas indican migración de especies).

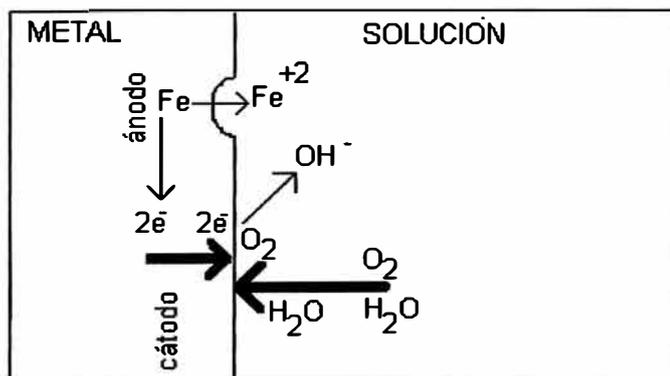


Fig. 2.2 Esquema de mecanismo de corrosión electroquímica, caso del hierro (las flechas delgadas indican formación de especies, las gruesas migración).

CAPÍTULO III

EL SUSTRATO

3.1 DEFINICION DE SUSTRATO

Se denomina sustrato (o substrato) a la superficie del objeto sobre la cual va a ser aplicado el recubrimiento. El sustrato es el cimiento o base del recubrimiento y sus características tienen una relación directa con la duración del recubrimiento. Tal es así que un mismo recubrimiento aplicado sobre dos sustratos de distinto tipo (es decir distinto material) y expuestos a un mismo medio, mostrará mayor deterioro en aquel tipo que es más activo (es decir más reactivo) con el medio.

3.2 TIPOS DE SUSTRATO

Los principales sustratos a nivel industrial son:

- Acero al carbono,
- Hierro fundido,
- Acero galvanizado,
- Aluminio y
- Concreto

A continuación se describe el acero en sus dos formas de mayor uso a nivel industrial: el acero al carbono, esto es, sin recubrimiento alguno y, el acero galvanizado, esto es con recubrimiento metálico de zinc.

3.2.1. ACERO AL CARBONO

El acero es el tipo de superficie más común sobre la cual se aplica un recubrimiento. La razón por la que el acero debe ser recubierto es su reactividad con ácidos, cloruros, sulfuros e innumerables compuestos químicos.

Por otro lado, la superficie que proporciona el acero es una de las mejores superficies para la aplicación del recubrimiento, lo cual se explica por las siguientes características:

- Es uniforme, a diferencia de las superficies de concreto o madera que son irregulares (excepto en el caso en que el acero está corroído),
- Es densa y no porosa
- Es compatible con la mayoría de recubrimientos.

Es por eso que, con una adecuada **preparación de superficie**, se puede aplicar un recubrimiento que minimice el contacto de los materiales reactivos con el acero y se provea de buena protección.

3.2.2 ACERO GALVANIZADO

El acero galvanizado es el acero al carbono recubierto por una capa de zinc. Este recubrimiento puede obtenerse por inmersión en zinc fundido o bien por electro-deposición. La superficie de zinc, sea como acero galvanizado o como zinc metálico, también es reactiva: reacciona con el anhídrido carbónico para formar una superficie gris y reacciona con la mayoría de ácidos.

En cuanto a sus características de aplicación de recubrimientos se sabe que:

- Es bien uniforme y lisa
- Es densa y no porosa
- No es compatible con los recubrimientos alquídicos y de aceite porque éstos reaccionan con el zinc y forman jabones que reducen la adherencia cada vez más.

3.3 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Es una operación o proceso previo al pintado que permite:

- Eliminar los contaminantes existentes sobre la superficie metálica
- Producir cierta rugosidad.

El objetivo de la preparación de superficie es lograr la adecuada adherencia (o adhesión) de una pintura sobre el sustrato.

En general, la preparación de superficies puede contener 2 etapas,

- La limpieza de la superficie: que procura dejar sólo metal
- El tratamiento de la superficie: que produce una conversión química en la superficie

El tratamiento de la superficie es recomendado en metales difíciles de pintar como el aluminio, pero en la mayoría de los casos se obvia y se selecciona una pintura compatible con el metal.

El tipo de preparación de superficie adecuado estará determinado por:

- El tipo de sustrato (es decir, el tipo de metal cuya superficie se va a pintar)
- El tipo de recubrimiento (que a su vez se escoge en función al medio corrosivo)

3.3.1 TIPOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

La institución norteamericana "Steel Structures Painting Council" (SSPC) es la organización que mayor atención le ha dado a los diferentes tipos de preparación de superficie. Otra institución norteamericana, la " National Association of Corrosion Engineers " (NACE), también ha trabajado en este tema, desarrollando estándares de preparación de superficies, aunque ha centrado su atención en la limpieza de superficies mediante el empleo de chorros de abrasivos.

La tabla 3.1 se muestra un listado de especificaciones de preparación de superficie desarrolladas tanto por la SSPC como por la NACE, en orden descendente de efectividad.

TABLA 3.1

**Preparación de superficie con sus designaciones en normas NACE y SSPC
(en orden descendente de efectividad)**

Limpieza con chorro de abrasivos hasta metal blanco	NACE #1	SSPC-SP 5
Limpieza con chorro de abrasivos hasta casi blanco	NACE #2	SSPC-SP 10
Limpieza con chorro de abrasivos comercial	NACE #3	SSPC-SP 6
Decapado ácido		SSPC-SP 8
Limpieza con chorro de abrasivos hasta tipo cepillado	NACE #4	SSPC-SP 7
Limpieza con llama y lijado con herramienta de potencia		SSPC-SP 4
Limpieza con herramienta de potencia		SSPC-SP 3
Limpieza con herramienta manual		SSPC-SP 2
Limpieza con solvente		SSPC-SP 1

A continuación se detallan los principales tipos de limpieza.

Limpieza con chorro de abrasivos hasta metal blanco (NACE#1 ó SSPC-SP5)

De acuerdo a la NACE y la SSPC, la superficie que se obtiene con una limpieza del acero con chorro de arena o granalla hasta metal blanco es una superficie de color blanco gris y ligeramente rugosa. Está libre de toda grasa, polvo, cascarilla de laminación, productos de corrosión, pintura, y otros materiales extraños.

Este tipo de limpieza es el mayor grado de preparación de superficie reconocido para la preparación de las estructuras de acero.

Limpieza con herramienta de potencia (SSPC-SP 3)

La SSPC define la limpieza con herramienta de potencia como un método para preparación de superficies de metal previo al pintado, en la que se remueven

cascarilla, herrumbre y pintura débilmente adheridos, utilizando escobillas de alambre, herramientas de impacto, pulidoras, lijadoras, todas accionadas por electricidad o por aire comprimido. El grado de limpieza obtenido es de baja calidad comparado con el de metal blanco.

Limpieza con herramienta manual (SSPC-SP 2)

De acuerdo a las especificaciones de la SSPC, la limpieza con herramienta manual es un método de preparación de superficies de metal para pintado que desprende la cascarilla de laminación y herrumbre débilmente adheridas, por medio de: escobillado, lijado, raspado, cincelado (o una combinación de estos métodos).

Este método es uno de los más antiguos, es lento en alcanzar una limpieza satisfactoria, y encarece la mano de obra. El grado de limpieza que se obtiene por este método es menor al que se obtiene con herramientas de potencia. Requiere de un recubrimiento que moje bien la superficie (como los alquídicos o los de aceite)

3.3.2 PREPARACIONES DE SUPERFICIE REPRESENTATIVAS SEGÚN EL METAL

Se considerarán sólo 2 tipos de preparación de superficie:

Para el acero al carbono : Según el tipo de pintura primaria se escogerá entre:

- Limpieza con chorro de abrasivos hasta metal blanco (NACE #1 ó SSPC-SP 5), si la pintura se caracteriza por su poca humectación y poca adherencia
- Limpieza con herramienta manual o de potencia (SSPC-SP2, SSPC -SP3) si la pintura es bien adherente.

Para el acero galvanizado: Solamente la limpieza con herramienta manual o de potencia es suficiente dado que el zinc es un metal pasivo en una atmósfera normal siendo sus productos de corrosión adherentes y de lenta formación.

CAPÍTULO IV

MEDIOS AGRESIVOS HABITUALES EN LA INDUSTRIA.

4.1 AMBIENTE ATMOSFÉRICO.

En relación al ambiente atmosférico se debe considerar dos aspectos relacionados:

- El tipo de atmósfera y
- Su corrosividad.

4.1.1 TIPOS DE ATMÓSFERA.

Se consideran los siguientes casos:

- Rural,
- Urbano suave,
- Urbana moderada
- Industrial suave
- Industrial moderada
- Industrial y marina moderada
- Industrial y marina severa

Dado lo subjetivo que podría ser esta división, es necesario relacionarlo con valores cuantitativos. Para este fin se utilizará el estándar ISO 9223.

4.1.2 CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA

El estándar ISO 9223 clasifica la corrosividad de una atmósfera basándose en mediciones de: tiempo de humectación y niveles de polución (ver Anexo 1).

Dicho estándar establece 5 categorías de corrosividad (C_i), asignando un rango de velocidad de corrosión (VC) de 4 metales. En la tabla 4.1 se muestra los valores que corresponden al acero y al zinc.

TABLA 4.1

Categorías de corrosividad atmosférica caracterizadas por la velocidad de corrosión (en $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$) de los metales acero y zinc.

Categoría	Acero	Zinc
C₁	VC \leq 10	VC \leq 0.7
C₂	10 < VC \leq 200	0.7 < VC \leq 5
C₃	200 < VC \leq 400	5 < VC \leq 15
C₄	400 < VC \leq 650	15 < VC \leq 30
C₅	650 < VC	30 < VC

A estas cinco categorías de corrosividad se les puede asignar los siguientes adjetivos:

TABLA 4.2

Correspondencia entre categoría de corrosividad atmosférica y expresiones relativas usuales de corrosividad

Categoría	Designación
C₁	Muy baja
C₂	Baja
C₃	Media
C₄	Alta
C₅	Muy alta

4.1.3 FACTORES ATMOSFÉRICOS CORROSIVOS.

En base al mismo estándar (ver Anexo 1), se tiene que las categorías de corrosividad están relacionados con los factores atmosféricos que tienen más influencia en la corrosión de metales y aleaciones, estos son:

- Tiempo de humectación
- Polución del aire por dióxido de azufre
- Salinidad del aire,

Se deduce entonces, que la corrosividad atmosférica es una función que depende de estos tres factores atmosféricos corrosivos.

4.1.4 CORRESPONDENCIA TIPO DE ATMÓSFERA-CORROSIVIDAD

Una correspondencia aproximada entre los tipos de atmósfera mencionados y la corrosividad clasificada por el estandar mencionado es:

TABLA 4.3

TIPO DE ATMÓSFERA	CORROSIVIDAD
Rural	Baja - Media
Urbana suave	Baja - Media
Urbana moderada	Media - Alta
Industrial suave	Media - Alta
Industrial moderada	Alta
Industrial y marina moderada	Alta
Industrial y marina severa	Muy Alta

4.1.5 AMBIENTES ATMOSFÉRICOS INDUSTRIALES TÍPICOS

- a) **Ambiente exterior industrial marino:** es el ambiente típico de fábricas ubicadas cerca al mar. Constituye el medio atmosférico más corrosivo. Lo caracterizan
- La polución por anhídrido sulfuroso proveniente de los gases de combustión,
 - La salinidad y la humedad provenientes del mar y la brisa marina.
 - La radiación solar
- b) **Ambiente exterior industrial seco:** es el ambiente típico de fábricas ubicadas en zonas alejadas de fuentes de humedad y con escasas lluvias. Lo caracteriza:
- La polución de anhídrido sulfuroso proveniente de los gases de combustión.
 - La radiación solar

La radiación solar tiene acción destructiva en la mayoría de recubrimientos debido principalmente a las radiaciones ultravioleta que contiene, las cuales por su gran energía degradan las resinas mediante la ruptura directa de los enlaces químicos.

Estos ambientes industriales así definidos, están relacionados con los tipos de atmósfera Industrial y marina (moderada ó severa) e Industrial (suave o moderada) respectivamente.

4.2 MEDIOS AGRESIVOS QUÍMICOS

4.2.1 ÁCIDOS Y BASES

Los ácidos son extremadamente corrosivos para el acero y para el zinc. Algunos ácidos son fuertemente oxidantes como el ácido sulfúrico concentrado. El ácido clorhídrico es un ácido volátil, y muy corrosivo, formando cloruro férrico en donde el acero se encuentre expuesto a sus vapores y cloruro de zinc con el acero galvanizado. Las pinturas susceptibles a los ácidos son aquellas cuyas resinas contienen alcoholes, ácidos carboxílicos, ésteres, grupos amino, grupos amida o dobles enlaces conjugados en la cadena carbonada. Asimismo, los ácidos reaccionarán con las pinturas que contengan pigmentos metálicos de zinc o de aluminio.

La soda cáustica concentrada desintegra cualquier recubrimiento que contiene aceites. También ataca fuertemente al zinc de los aceros galvanizados. Los pigmentos de zinc y aluminio también son atacados por las bases fuertes. En cuanto al acero no hay mayor problema porque lo pasiva, aunque en caliente lo corroe.

4.2.2 SOLVENTES ORGÁNICOS

La mayoría de solventes orgánicos en sí no corroen al acero ni al zinc del acero galvanizado, pero mezclados con agua o agua de mar son muy corrosivos.

En cuanto a su acción sobre las pinturas, pueden formar ampollas en las capas de pinturas permeables a tales solventes. Se presentan en refinerías de petróleo, en contenedores de combustibles y similares.

4.2.3 ALTA HUMEDAD

Las condiciones de alta humedad se presentan en ambientes con alto contenido de vapor de agua, donde hay abundante salpicaduras de agua potable o en los casos

de inmersión en agua potable. Este medio es muy agresivo para el acero, poco agresivo para el zinc, y forma ampollas en las capas de pinturas permeables.

4.3 FACTORES DE AGRESIVIDAD FÍSICA

4.3.1 ALTA TEMPERATURA

Las temperaturas altas y las variaciones de temperatura van a producir deterioro de la pintura y (también del sustrato).

Los efectos que pueden producir en los recubrimientos son:

- Ruptura y desprendimiento de HCl en los polímeros que tienen cloruros
- Degradación polimérica y emisión de gases
- Se vuelven quebradizos, se encogen y pierden adherencia

Son típicas las temperaturas altas en chimeneas, conductos o recipientes de fluidos calientes y similares. Existen recubrimientos (llamadas siliconas) que soportan hasta 500 ° C.

4.3.2 ABRASIÓN

La abrasión es el desgaste producido por la fricción, esto es, por el roce de dos cuerpos en contacto.

Los pisos y superficies similares son una de las mayores áreas donde la abrasión es un problema. Los recubrimientos aplicados en estas superficies estarán expuestas a la abrasión generalmente producida por:

- Tráfico vehicular,
- Tráfico peatonal,
- Deslizamiento de objetos pesados.

CAPÍTULO V

PINTURAS ANTICORROSIVAS

5.1 CONCEPTOS BÁSICOS

5.1.1 DEFINICIONES

Una **pintura (en inglés "paint")** es una mezcla líquida formada por una sustancia polimérica (denominada vehículo) y por un conjunto de partículas (denominado pigmento) dispersas en ella, con la propiedad que al ser aplicada sobre la superficie de un objeto sólido (sustrato) forma una película continua con capacidad para transformarse en película sólida que se adhiere y le da un aspecto diferente (en color, brillo, rugosidad, etc)

Un **recubrimiento (en inglés "coating")** es una película o capa que adherida a un material lo cubre, generalmente con la finalidad de protegerlo de la agresividad física ó corrosiva del medio al que será expuesto. Hay varios tipos de recubrimiento:

- Recubrimiento metálico, por ejemplo: galvanizados, cromados, etc.
- Recubrimientos de conversión, por ejemplo: fosfatados, cromatados, etc.
- **Recubrimientos de pintura:** son las capas o películas de pinturas en las que se indica que su principal función es cubrir antes que decorar (y se descarta la referencia a un recubrimiento metálico o de conversión). También se denomina así a las pinturas utilizadas para este fin.

Recubrimiento protector (en inglés "protective coating") es sinónimo de recubrimiento de pintura pero se indica que su principal función es cubrir para proteger algún material de la agresividad física y química del medio al que será expuesto.

Pintura anticorrosiva también es sinónimo de recubrimiento de pintura sólo que se indica que su principal función es proteger algún material de la agresividad química_(o sea la acción corrosiva) del medio al que será expuesto. Este nombre es muy difundido a nivel comercial en nuestro país.

Recubrimiento anticorrosivo de pintura es otro sinónimo de recubrimiento de pintura pero se resalta la función cubrir algún material para protegerlo de la agresividad química (o sea la acción corrosiva) del medio al que será expuesto .

El objeto de la presente tesis son los **recubrimientos de pintura**, sobreentendiéndose que su función, en general, es proteger el sustrato contra los agentes de agresividad física y química del medio al que será expuesto, pero se utilizará indistintamente cualquiera de sus sinónimos o incluso los términos simples **recubrimiento** o **pintura**.

5.1.2 CONSTITUYENTES DE UNA PINTURA

Los constituyentes de una pintura, en general, son cuatro:

- El ligante (o resina), es la sustancia formadora de la película de pintura
- El pigmento, es un sólido finamente dividido, generalmente un compuesto inorgánico o polvo metálico, el cual da color y mejora las propiedades mecánicas y anticorrosivas de la película.
- El solvente, mejora su fluidez durante la aplicación y luego se evapora.
- Los aditivos, son sustancias que se añaden para modificar algunas propiedades como reducir el tiempo de secado, reducir la viscosidad, etc.

5.1.3 PARTES DE UNA PINTURA

Las partes de una pintura, en general, son dos:

- El vehículo : su función es mantener la cohesión de la película y la adherencia al sustrato. Es una fase continua, líquida y está formada por:

- El ligante (o resina) y los aditivos, que son el vehículo no volátil
- El solvente, que es el vehículo volátil
- El pigmento : va inmerso en el vehículo, es una fase dispersa y sólida.

5.1.4 COMPONENTES DE UNA PINTURA

Según el número de componentes se pueden tener otra clasificación de pinturas:

- Monocomponente: si no hay que hacer mezclas previas a la aplicación.
 - 2 componentes: si la resina básica viene en un envase y el catalizador en otro.
- 3 componentes: si la resina básica, el catalizador y el pigmento vienen en envases diferentes.

5.1.5 MECANISMOS DE PROTECCIÓN DE LAS PINTURAS

Las pinturas anticorrosivas mitigan el proceso corrosivo de un sustrato metálico vía el impedimento de los mecanismos de corrosión, a través uno o mas efectos:

Efecto barrera.

Es la reducción al acceso del oxígeno y humedad y otras sustancias corrosivas a la superficie del metal. Aún cuando ningún recubrimiento orgánico es totalmente impermeable a estas sustancias, una cuidadosa selección del vehículo y pigmentos de la pintura seguida de una correcta edificación del espesor del recubrimiento mediante capas sucesivas puede dar lugar a bajas velocidades de transmisión de estas sustancias, las cuales podrían constituirse en parte de las pilas de corrosión.

Resistencia iónica.

Es la reducción de la corriente de las pilas de corrosión hasta niveles bien bajos a través del impedimento que la película de pintura ofrece al movimiento de los iones que se forman en la interfase metal/pintura. A su vez da lugar a una acumulación de iones en los ánodos y cátodos, lo cual limita que continúen las reacciones de oxidación y reducción, limitando así el proceso corrosivo. Este

mecanismo se acciona cuando el electrólito ha llegado hasta la superficie metálica.

Efecto Inhibidor.

Es la formación de películas protectoras sobre la superficie metálica a consecuencia de la acción de los pigmentos anticorrosivos que están contenidos en la pintura. En esta condición se dice que el metal está pasivo y se produce una pérdida de reactividad química ante los agentes agresivos.

Efecto de protección catódica.

Es la eliminación de las zonas anódicas del metal (donde ocurre la oxidación del metal) al hacerla actuar como cátodo a través del contacto con un pigmento metálico (generalmente el zinc) que actúa como ánodo

5.2 RESINAS

La resina (o ligante o formador de película) es la parte esencial del recubrimiento y la que determina en mayor grado la propiedades físicas y químicas de la pintura.

Una forma de clasificar las resinas es por su comportamiento frente al calor:

- **Resinas termoplásticas:** son las que se vuelven líquidas con el calor (y los solventes). Este comportamiento se explica porque las cadenas poliméricas sólo están unidas por enlaces de valencia primaria (enlaces débiles).
- **Resinas termoestables:** son los que se descomponen con el calor pero no se funden. Esto se explica porque en lugar de cadenas de polímeros, lo que se forma con el curado es una red tridimensional construida totalmente con enlaces de valencia primario (enlace fuerte)

Existe una gran variedad de resinas, como se observa en el Anexo 2A, pero no todos son resistentes a la corrosión sino que sólo unos pocos constituyen la base de todos los sistemas protectores. Las siguientes resinas han sido consideradas como típicas por su uso difundido en la preparación de pinturas anticorrosivas para ambientes industriales. Estas son:

- Resina de Aceites secantes
- Resina Alquídicas

- Resinas Epóxicas
 - Resina Epoxi amina alifática
 - Resina Epoxi aducto amina
 - Resina Epoxi poliamida
- Resinas de poliuretano
 - Resina de Poliuretano modificado con aceite
 - Resina de Poliuretano de curado húmedo
 - Resina de Poliuretano alifático
- Resinas acrílicas
 - Resina Acrílica hidroxilada
- Resina silicona
- Resina cumarona

Polimerización de las resinas

La polimerización de las resinas se explica en base a los grupos funcionales o reactivos de las moléculas y la funcionalidad de éstas.

Grupos funcionales: son porciones de una molécula que dan lugar a un tipo de reacción química característica. Los mas conocidos son: los dobles enlaces, el grupo oxidrilo, el grupo amina primaria, el grupo oxirano o epoxi, el grupo isocianato.

Funcionalidad: es el número de enlaces químicos que pueden formar en total los grupos funcionales de una molécula. Así, una molécula con un enlace doble puede formar dos enlaces por lo que su funcionalidad es dos.

Estructuras poliméricas: Según la funcionalidad de las moléculas ellas formarán: polímeros lineales, sistemas de entrecruzamiento ligero, sistemas de entrecruzamiento denso. Así, se tiene que:

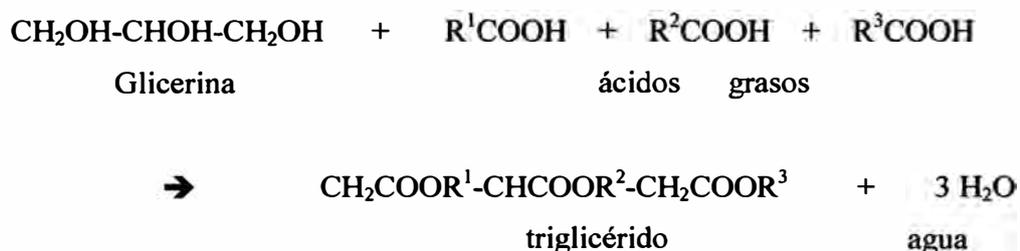
- Moléculas de reactividad monofuncional: no formarán polímeros al reaccionar entre sí, ni aún al reaccionar con otras moléculas de mayor funcionalidad.
- Moléculas de reactividad difuncional: formarán polímeros al reaccionar entre sí, y tales polímeros serán lineales (también llamados bidimensionales), pero no presentarán entrecruzamiento.

- Moléculas de reactividad polifuncional: son las moléculas con funcionalidad igual a 3 o mayor. Estas moléculas formarán polímeros entrecruzados que se describe como una red tridimensional.

5.2.1 RESINA ACEITE SECANTE.

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Los aceites son triglicéridos de ácidos grasos (los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, esto es, con 10 o más átomos de carbono en la molécula). Aunque mayormente son de origen natural, éstos triglicéridos pueden considerarse como el resultado de la reacción de una molécula de glicerina (glicerol) y tres moléculas de ácidos grasos. Estos están combinados a través de enlaces de tipo éster.



donde R^1 , R^2 , R^3 son los radicales alquilo (nonil, decil, etc) de los ácidos grasos. Una forma gráfica de representar un triglicérido es la siguiente:

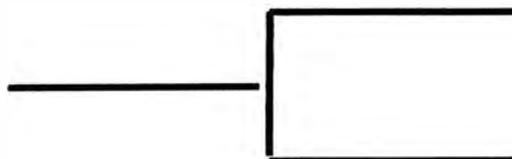


Figura 5.1 Representación esquemática de un triglicérido: las líneas horizontales representan las cadenas carbonadas aportadas por los ácidos grasos y la línea vertical representa la del glicerol (en los puntos de unión están los enlaces ester)

Los triglicéridos de los aceites naturales mayormente son de tipo compuesto (se denomina triglicérido simple si los tres radicales ácidos son idénticos y triglicérido compuesto si al menos uno es diferente) y sus características dependen de las cantidades presentes de cada uno de los ácidos grasos de los cuales se considera que proceden. En el Anexo 2 B se tiene un cuadro sobre la composición aproximada de algunos aceites naturales y en el Anexo 2 C otro sobre la estructura de algunos ácidos grasos.

Para la producción de recubrimientos son de importancia los aceites de tipo secante. Se dice que un aceite es secante cuando al ser expuesto a la atmósfera, reacciona con el oxígeno y solidifica. En base a esta propiedad se pueden considerar tres tipos de aceites:

- Aceites no secantes: sus triglicéridos tienen radicales de ácidos grasos saturados (esto es, sin enlaces dobles).
- Aceites semisecantes: sus triglicéridos tienen radicales de ácidos grasos insaturados con sólo un enlace doble. El secado completo dura meses.
- Aceites secantes: sus triglicéridos tienen radicales de ácidos grasos altamente insaturados, esto es con dos ó más enlaces dobles. El secado completo dura uno o mas días.

Los enlaces dobles son los centros reactivos alrededor de los cuales tiene lugar el secado y la polimerización, en general, ocurre que cuanto mayor es el número de enlaces dobles en un aceite, más secante es éste. Por otro lado, a igualdad de cantidad de enlaces dobles, son más reactivos los que tienen enlaces dobles conjugados.

MECANISMOS DE CURADO

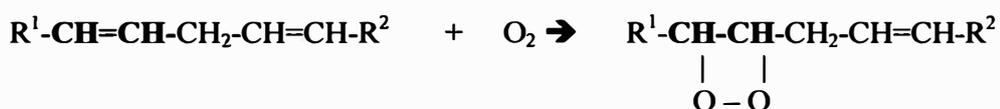
El curado o secado de los aceites secantes puede ocurrir por uno de los mecanismos siguientes: Polimerización oxidativa o Polimerización por calor.

A) Polimerización por oxidación:

El endurecimiento de los aceites secantes se debe casi enteramente a la polimerización oxidativa producida por el oxígeno del aire, siendo acelerado por los llamados agentes secantes. A continuación los pasos de la formación de película con esta forma de polimerización.

- **Período de Inducción:** durante un cierto tiempo, después de que un aceite secante ha sido extendido en una película delgada y expuesto al aire, no hay cambio aparente. Permanece húmeda y con poca viscosidad. A este tiempo se le llama período de inducción, durante el cual la película húmeda comienza a absorber oxígeno, oxidándose ciertos antioxidantes presentes en pequeñas cantidades en la mayoría de los aceites. El período de inducción varía ampliamente dependiendo del aceite, de las condiciones de secado y del contenido de aditivo secante.
- **Período de Absorción de Oxígeno:** El oxígeno del aire atraviesa la película húmeda debido a su atracción por los aceites no saturados, y tiene lugar las siguientes reacciones en simultáneo:

- Formación de peróxidos en los dobles enlaces:



Aquí R¹ y R² representan el resto de la molécula de aceite.

- Formación de hidroperóxidos en los grupos -CH₂- adyacentes, que son bastante reactivos, tanto como los dobles enlaces mismos.

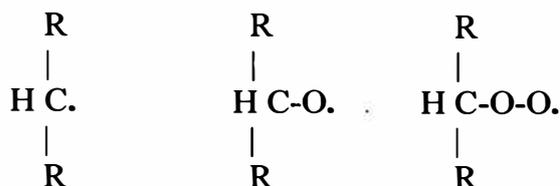


- Desplazamiento de los dobles enlaces (reagrupamiento):

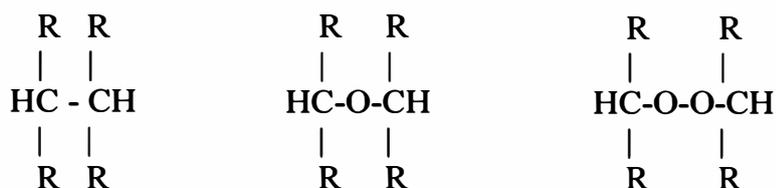


En este periodo hay poca polimerización y poco incremento de la viscosidad.

- **Formación de radicales libres:** los peróxidos y los hidroperóxidos se descomponen (desprendiendo H_2O , H_2O_2 , etc), dando lugar a los siguientes radicales libres:



- **Reacciones de radicales libres:** éstos reaccionan entre ellos y/o con las moléculas de aceite contiguas provocando enlaces cruzados que conducen a la polimerización:



Enlace carbono-carbono

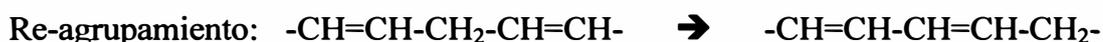
Enlace éter

Enlace peróxido

B) Polimerización por calor:

Las pinturas con secado forzado y las cocidas o secadas al horno requieren menos secante porque secan parcialmente mediante la polimerización por calor, cuyo mecanismo químico tiene lugar en dos fases definidas:

- **Reagrupamiento y activación:** Los aceites secantes que contienen dobles enlaces no conjugados se reagrupan para obtener una estructura conjugada. La activación se puede considerar como de apertura:



5.2.2 RESINA ALQUÍDICA

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Los términos alquídico, alcídico, alquidálico, son traducciones del término en inglés "alkyd" formado por "al" de alcohol y por "kyd" (o "cid") de ácido.

Las resinas alquídicas son esencialmente poliésteres (polímeros de monómeros de tipo éster) de alcoholes polihidroxílicos y ácidos policarboxílicos combinados químicamente con alguna proporción de ácidos grasos monocarboxílicos o los aceites que los contienen. En la figura 5.2 se representa un ejemplo de formación de resina alquídica no modificada con ácido graso.

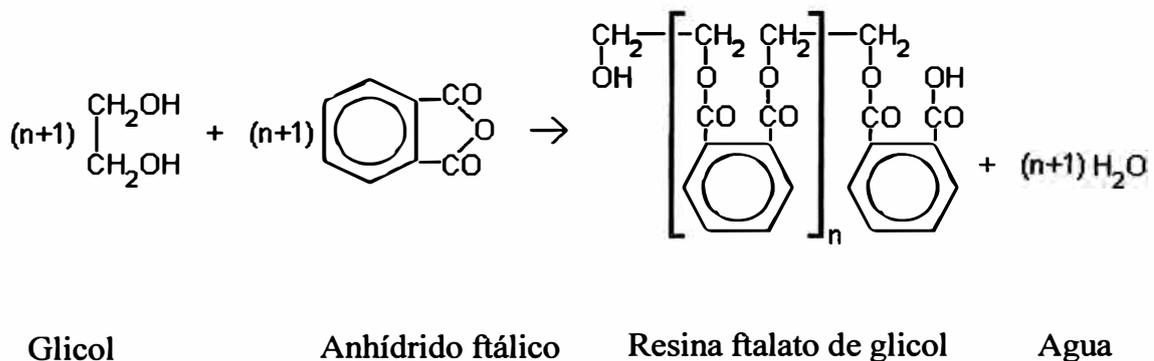
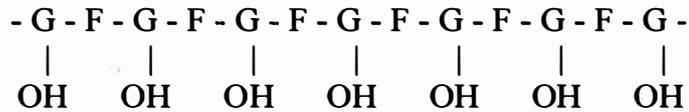


Fig. 5.2 Reacción de la formación de la resina alquídica Ftalato de glicol.

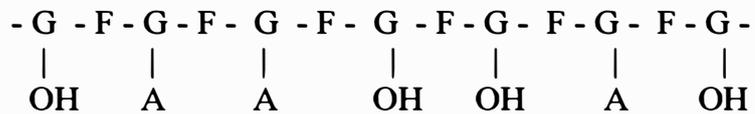
Una típica resina alquídica de secado en aire, es la que se obtiene al adicionar ácido grasos de aceite secante (o el aceite mismo) a los materiales como el anhídrido ftálico (que actúa como ácido dicarboxílico) y la glicerina (un alcohol tribásico).

El anhídrido ftálico y la glicerina reaccionan para formar una resina dura, quebradiza y termoplástica inadecuada como recubrimiento, que puede representarse así (siguiente página):



Aquí, G(OH) es el aporte de la glicerina y F es el aporte del anhídrido ftálico. El enlace G-F es de tipo éster.

Sin embargo, dado que la glicerina tiene un grupo hidroxilo sin reaccionar, el ácido graso de aceite secante reacciona con aquel y es incorporado en la resina resultante:



Aquí, A es el aporte del ácido graso secante o del propio aceite secante. El enlace G-A también es de tipo éster.

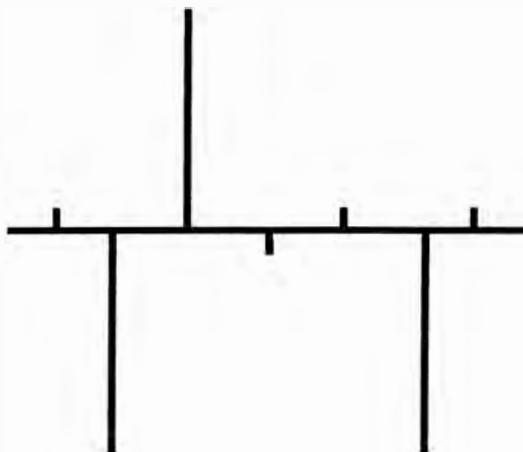


Figura 5.3: Representación esquemática de una resina alquídica: las líneas verticales grandes representan las cadenas carbonadas aportadas por los ácidos grasos y la línea horizontal representa cadena polimérica formada por el anhídrido ftálico y la glicerina. Los segmentos verticales pequeños representan los grupos oxidrilo.

De esta forma, con los ácidos grasos se forma esencialmente una resina lineal, proporcionando solubilidad y flexibilidad, haciéndose útil para recubrimientos.

EFFECTO DE LA MATERIA PRIMA EN LAS PROPIEDADES

- **Efecto del ácido policarboxílico y del alcohol polihidroxiado:** La utilidad de las materias primas más comunes con este fin y su efecto en las propiedades puede apreciarse en el Anexo 2 E. Por sus propiedades balanceadas es común la utilización del anhídrido ftálico como ácido y la glicerina como alcohol.
- **Efecto del aceite:** el tipo y la cantidad de este tipo de modificación tienen un efecto preponderante sobre las propiedades de la resina alquídica.
 - **Tipo de aceite:** Los aceites utilizados en alquídicos de secado en aire pueden ir desde aceite de madera tung y aceite de linaza hasta aceites de ricino, de alazor y de pescado. El aceite de soja, un aceite semisecante de color claro que no puede utilizarse solo, constituye un excelente modificador de alquídicos si se controlan los niveles. Su utilización da alcance a una amplia variedad de valores de resina. Los aceites conjugados, como de madera tung, dan los productos secantes más rápidos, pero tienen tendencia a oscurecerse, como el aceite de linaza. Los aceites de soja (ó soya), de alazor (ó cártamo) y de ricino (ó castor) deshidratado dan productos secantes al aire más claros.
 - **Cantidad de Aceite:** El grado de modificación con aceite juega un rol importante en las propiedades de la resina final. Tradicionalmente se clasifica la extensión de la modificación con aceite en términos de longitud de aceite del alquídico, un concepto vago basado originalmente en composiciones que contenían sólo al glicerol como poliol. Mayor longitud de aceite del alquídico, mas aceite está presente. En el Anexo 2 D se da un cuadro del efecto que tienen las diferentes longitudes de aceite en las propiedades de la resina alquídica.

Los alquídicos más importantes desde el punto de la protección contra la corrosión son los alquídicos de aceite medio. Aquellos tienen un amplio rango de

propiedades y son comunes para la mayoría de aplicaciones familiares a los ingenieros de corrosión. Cuanto más cortos son los alquílicos (o sea que se alejan en la proporción de los de aceite largo) son más difíciles de aplicar. Por otro lado, debido al reducido contenido de aceite y mayor cantidad de resina poliéster, son más resistentes a la corrosión.

MECANISMOS DE CURADO

Las moléculas de ácido graso conectadas a la resina alquídica pueden reaccionar con otros grupos de ácido graso similares (en la misma forma que un aceite secante reacciona con el oxígeno, y éste lo polimeriza, gela y endurece). Todas y cada una de las resinas convertibles con oxígeno, incluyendo las alquídicas, los ésteres epoxi (o epoxi ésteres) y los aceites de uretano, reaccionan para formar una película a través del grupo ácido graso de aceite secante y siguen el mismo modelo de reacción química (polimerización por oxígeno) ya descrito para estos materiales.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La más seria limitación de los alquílicos, como vehículo para pinturas anticorrosivas, es que se conforman alrededor del enlace éster. Este enlace es susceptible a hidrólisis por álcalis , incluyendo los álcalis derivados de la reacción catódica del proceso de corrosión, Esta susceptibilidad es menor que la de los aceites secantes, pero se incrementa según que aumente el contenido de ácidos grasos en el alquídico. Destaca su brillo y retención de color. Se distingue de los aceites secantes en que tiene mayor peso molecular y seca más rápido (puesto que forma mayor cantidad de enlaces cruzados), especialmente cuando es modificado con aceite de tung.

5.2.3 RESINAS EPÓXICAS

DESCRIPCION GENERAL

En esta sección se desarrollará lo relacionado con las partes y se menciona los tipos de resina epóxica.

PARTES

Los tipos principales de resinas epóxicas utilizadas para recubrimientos resistentes a la corrosión constan de dos partes:

- La resina epóxica básica
- El agente de curado (o agente curante)

Estas dos partes se mantienen separadas hasta momentos previos a la aplicación.

Las diferentes resinas epóxicas básicas y los diversos agentes curantes hacen que los epóxicos sean un tipo de material muy versátil con los que se puede desarrollar recubrimientos resistentes a la corrosión.

A) Resina epóxica básica

Se obtiene de la polimerización (por condensación) del 2,2-difenilolpropano (conocido como bisfenol A) y la epíclorohidrina. Esta resina básica tiene los siguientes grupos reactivos :

- Los grupos terminales (ó extremos) epoxi (ú oxirano)
- Los grupos hidroxilo secundarios

En la siguiente figura (página siguiente) se muestra la reacción química de formación de la resina.

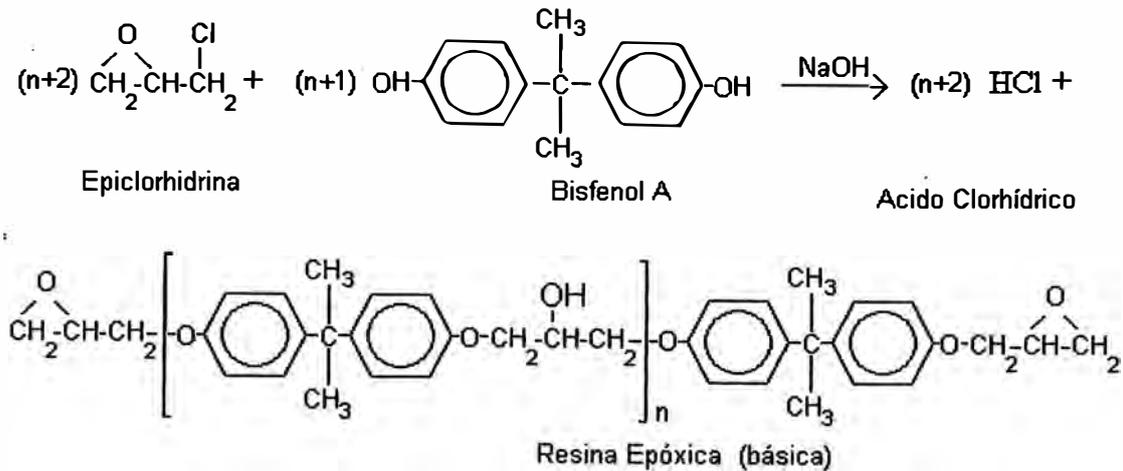


FIGURA 5.4 Reacción química de formación de la resina epóxica básica.

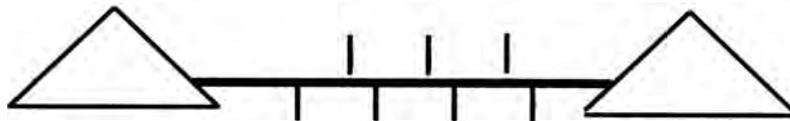


FIGURA 5.5 Representación esquemática de la molécula epóxica básica.

Aquí, los triángulos representan los grupos terminales epoxi (ú oxirano), la línea horizontal sería la columna polimérica y las líneas verticales los radicales hidroxilo (OH).

Estos grupos reactivos de la resina epóxica básica mayormente reaccionan por separado, de tal modo que los grupos **hidroxilo** pueden reaccionar con uno de los tipos de agente de curado, mientras que los grupos terminales **epoxi** pueden reaccionar con otros materiales de curado algo diferentes.

La resina epóxica básica puede estar en la forma de resina líquida de viscosidad relativamente baja o pueden ser resinas sólidas al incrementarse su dureza, dependiendo del tamaño de la molécula (el cual depende del grado de polimerización). Ambas resinas líquida y sólida pueden utilizarse para formar recubrimientos resistentes a la corrosión, o una combinación de ambas resinas sólida y líquida pueden mezclarse a fin de desarrollar la reactividad necesaria para un material deseado en particular.

B) Agentes de curado

También denominados co-reactantes, son sustancias que polimerizan con la resina epóxica básica. Estas reacciones se inician en el momento que se mezclan con la resina epóxica básica y continúan hasta muchos días después de ser aplicadas al sustrato.

Son estos agentes curantes los que determinan los tipos de resinas epóxicas.

Se utilizan como agentes de curado: las aminas alifáticas, los aductos amino epóxicos, las poliamidas de bajo peso molecular, las aminas aromáticas, los ácidos y anhídridos, agentes de curado latentes, y las resinas de fenolformaldehído.

Más detalles sobre los agentes curantes amina, aducto amino epóxico y poliamidas se dan en el desarrollo de los tipos de resinas epóxicas. Estos tres agentes de curado tienen la característica común de que reaccionan con la resina epóxica básica en sus grupos epoxi terminales.

TIPOS.

Los tipos de resinas epóxicas se agrupan en 4:

- Epoxi éster de secado en aire:
- Epoxi catalizadas
- Epoxi hornables
- Epoxi bituminosas,

De estos tipos listados, se limitará el estudio al grupo de resinas epoxi catalizadas por ser las de mayor importancia en la actualidad basada en los buenos resultados observados a nivel mundial en cuanto a la prevención de la corrosión y a la amplitud de condiciones en la que trabaja. Dentro de este grupo están las resinas:

- Epoxi amina (alifática)
- Epoxi aducto amina
- Epoxi poliamida

La influencia del agente curante en la resina epóxica se muestra en la Tabla 5.1

Tabla 5.1

Algunas propiedades de las resinas epóxicas según el agente curante

Resistencia a	Epoxi amina alifática	Epoxi poliamida
Agua	B	E
Ácidos	B	R
Álcalis	B	E
Sales	E	E
Solvente aromático	E	R
Solvente alifático	E	B
Solvente oxigenado	R	M
Intemperie	R	B

Simbología: E: excelente B: buena R: regular M: mala

5.2.4 RESINA EPOXI AMINA ALIFÁTICA

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

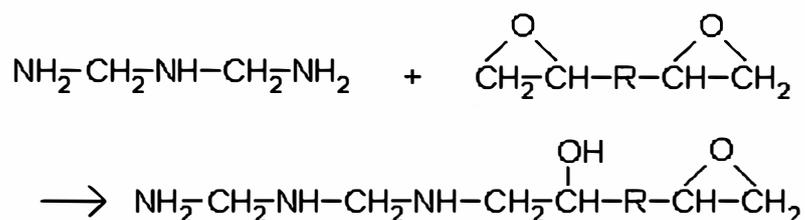
- **La resina epóxica básica** (que es común a todas las resinas epóxicas), es el polímero obtenido por la reacción entre el bisfenol-A y la epíclorhidrina
- **El agente de curado**, que en este caso es una amina polifuncional (esto es, con más de un grupo amino en sus moléculas) alifática (esto es, que no posee anillos bencénicos) que puede ser primaria o secundaria. Las aminas utilizadas deben ser polifuncionales a fin de que se obtengan enlaces cruzados en la polimerización. . Las más utilizadas son:
 - La dietilén triamina (DETA) : $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$
 - La trietilén tetramina (TETA) : $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH})_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$

o La tetraetilén pentamina : $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH})_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$

Las epóxicas curadas con aminas alifáticas presentan cierto peligro en su manipulación. Las aminas son moderadamente tóxicas e irritantes de la piel por lo que pueden causar reacciones alérgicas. Por eso, se debe tener cuidado durante la aplicación de una epóxica curada por amina para evitar el contacto con la piel y evitar la inhalación de los vapores que contiene la amina.

MECANISMO DE CURADO

La resina epoxi amina alifática se forma cuando los grupos terminales epoxi de la resina epóxica básica reaccionan con los átomos de hidrógeno activos de las aminas primarias o secundarias. La formación del enlace se ilustra a continuación:



La reacción de polimerización fácilmente tiene lugar a temperatura ambiente. Dependiendo de la amina, la reacción puede ser muy rápida o puede ser muy lenta.

Estas reacciones son sensibles a la temperatura, de modo que a temperaturas ambientales bajas, la reacción tiene lugar lentamente o, en algunos casos, no reacciona. A temperaturas ambientales altas, la reacción tiene lugar mucho más rápido.

La dietiléntriamina es un amina funcional común utilizada para curar resinas epóxicas y formar el recubrimiento de enlaces-cruzados. Cuando esta amina trifuncional reacciona con la resina epóxica une las moléculas de resina generando el típico modelo de enlace-cruzado. Por otro lado, se incrementa la cantidad de grupos hidroxilos como resultado de la reacción.

Como podría esperarse, para tal recubrimiento epóxico es necesario que sea presentado como un sistema de dos envases y los contenidos de los envases se

mezclan justo antes de la aplicación. Los diferentes tipos de aminas reaccionan a diferentes velocidades, por lo que el tiempo disponible de aplicación (denominado "pot life") del sistema mezclado puede ser regulado para que reaccione después de unos minutos, horas o incluso días. El tiempo disponible usual para este tipo de recubrimiento es de 4 a 8 horas. Realmente, la reacción continúa durante varios días después y el recubrimiento se hace cada vez más duro y resistente.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Los resinas epóxicas curados por aminas alifáticas presentan fuerte entrecruzamiento (de enlaces primarios) por lo que forman sistemas de recubrimiento bien duros. Se caracterizan por tener:

- Buena adherencia
- Excelente resistencia a los solventes.
- Excelente resistencia a los ácidos, a la salinidad y a los álcalis.
- Buena resistencia a la humedad y al agua (en salpicaduras), pero no para inmersión.

Por estas razones, son utilizados como recubrimientos protectores bajo condiciones altamente corrosivas. Sin embargo, su resistencia a la intemperie (exposición atmosférica con luz solar) no es la mejor debido a su tendencia a tizar (degradación del recubrimiento que se visualiza como partículas blancas sobre la superficie). Los pigmentos adecuados disminuyen esta tendencia. Otro problema que presenta es la tendencia de la amina a exudar, separándose del resto de la resina.

5.2.5 RESINA EPOXI ADUCTO AMINA

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

- **La resina epóxica básica** (que es común a todas las resinas epóxicas), es el polímero obtenido por la reacción entre el bisfenol-A y la epíclorhidrina
- **El agente de curado**, que en este caso es el aducto de poliamina, el cual es una resina epóxica con terminaciones de tipo amina. Esta se obtiene por reacción de resinas epoxi de relativamente bajo peso molecular con un exceso de poliamina, tal como la dietiléntriamina.

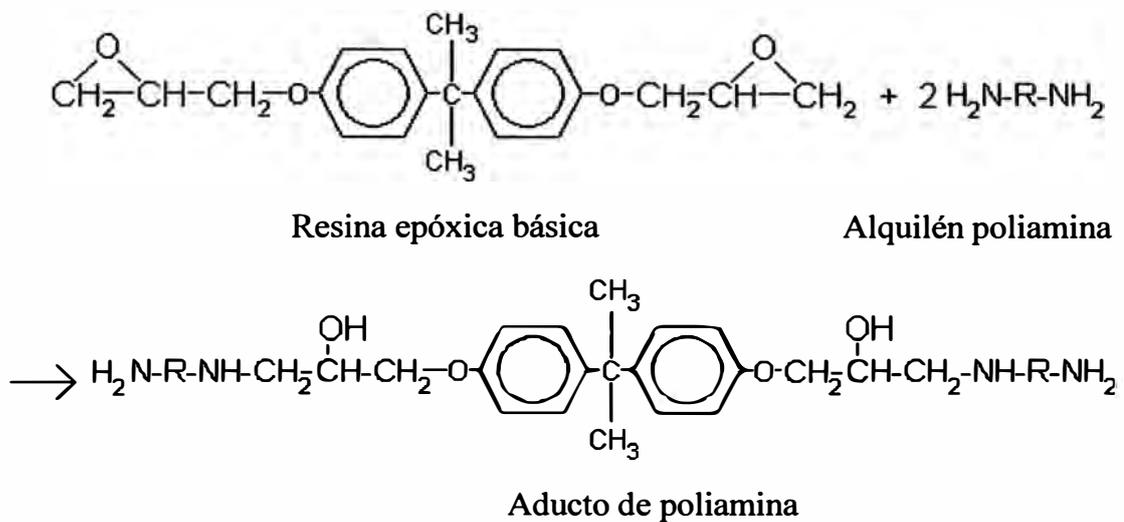


Fig. 5.6 Obtención del agente curante aducto amina.

Las ventajas del aducto de poliamina (comparado con la amina monomérica) son:

- Tiene mayor peso molecular y menor volatilidad,
- Tiene menor tendencia a migrar hacia la superficie del recubrimiento,
- Tiene mayor peso y volumen, su volumen es casi equivalente al de la resina básica (por lo que es más exacto preparar la mezcla en la proporción adecuada).

MECANISMO DE CURADO

Dado que el agente de curado es una resina epóxica con terminaciones amina, puede reaccionar con la resina epóxica básica en la reacción usual. El producto resultante es parecido al epóxico curado con amina.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Las resinas epóxicas curadas con aducto aminas tienen características similares a la de la resina epoxi amina (incluso en su tendencia a tizar), pero se distingue en:

- Mejores propiedades mecánicas
- Mejor resistencia a los solventes
- Fáciles de preparar la mezcla y de aplicar (son menos irritantes de la piel)

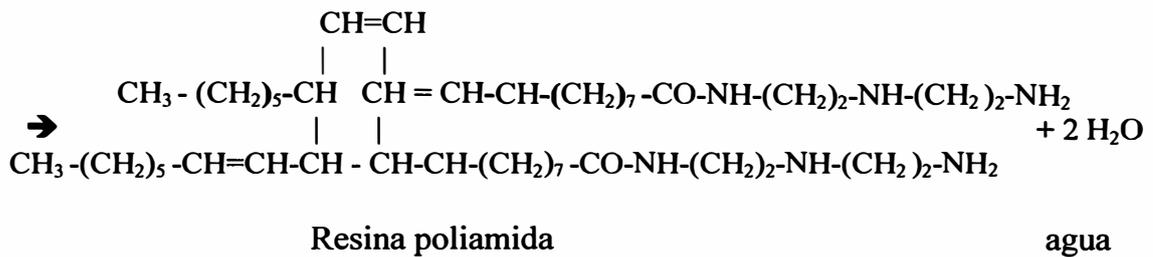
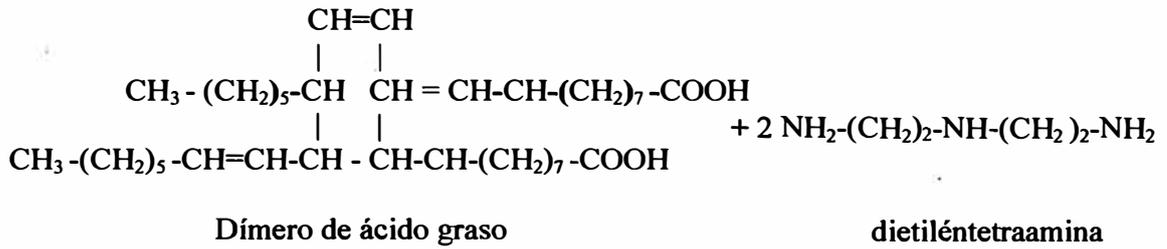
Aun cuando sus propiedades de resistencia química son buenas, son un poco menores que las de las resinas epoxi amina, esto es, las resinas epóxicas curadas con aducto aminas tienen menor resistencia a los ácidos y a los álcalis (sobre todo) que las resinas epoxi amina.

5.2.6 RESINA EPOXI POLIAMIDA

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

- **La resina epóxica básica** (que es común a todas las resinas epóxicas), es el polímero obtenido por la reacción entre el bisfenol-A y la epiclorhidrina
- **El agente de curado**, que en este caso es la resina poliamida, la cual tiene terminaciones de tipo amina. Hay variedad de resinas poliamida que se diferencian en sus viscosidades y pesos moleculares, y pueden utilizarse en diferentes cantidades con diferentes resinas epóxicas básicas. Las poliamidas se preparan por la reacción de condensación de una amina (por ejemplo, DETA) con un dímero de ácido graso (los dímeros de ácidos grasos son ácidos carboxílicos de relativamente alto peso molecular, obtenidos por reacción de dos ácidos grasos de 18 carbonos):



MECANISMO DE CURADO

Los grupos amina de la resina poliamida reaccionan con el grupo epoxi de la resina epóxica básica. La reacción es parecida a la descrita para la amina alifática, sólo que ahora el agente curante, la resina poliamida, tiene un tamaño varias veces mayor que la amina alifática y también actúa con el mecanismo de enlaces cruzados. Por otro lado, pueden establecerse diferentes proporciones de mezcla a fin de obtener diferentes características de recubrimiento.

Los recubrimientos epoxi poliamida curan fácilmente a temperatura ambiente y dependiendo de su formulación, generalmente tiene buen tiempo de vida para facilitar la aplicación. La resina poliamida, al ser de moléculas más grandes, forma un agente curante más voluminoso que las aminas, de modo que, generalmente, son envasados en dos recipientes con un volumen casi equivalente para la solución de resina epóxica y para el agente curante (resina poliamida). Esto también hace más fácil de manipular en las aplicaciones de campo.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Las resinas epoxi curadas con poliamida tienen menor densidad de enlaces cruzados que la de epoxi amina, debido al mayor tamaño del agente curante.

Las ventajas de la epoxi poliamida (comparado con la epoxi amina) son:

- Excelente resistencia a la humedad y al agua, incluso para inmersión
- Buena resistencia a la intemperie (mejor que la epoxi amina). Por esta razón, son utilizados principalmente para resistencia a la corrosión atmosférica exterior.
- Más suaves, mas elásticos y flexibles
- El tiempo disponible para su aplicación luego del mezclado es mayor.

Las desventajas de la epoxi poliamida (comparado con la epoxiamina) son:

- Su resistencia a los ácidos y a los álcalis no es tan satisfactoria
- Tienen menor resistencia a los solventes orgánicos
- Normalmente el tiempo de curado es mayor.

5.2.7 RESINAS DE POLIURETANO

DESCRIPCION GENERAL

En esta sección se mencionará las partes y los tipos de resina de poliuretano.

PARTES

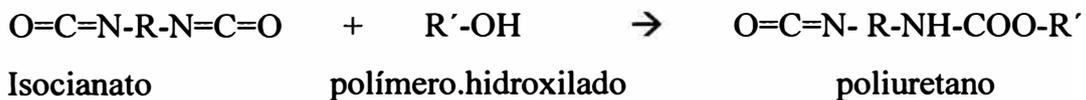
Los tipos principales de resinas de poliuretano utilizadas para recubrimientos resistentes a la corrosión constan de dos partes:

- La resina básica de poliuretano
- El agente de curado (o agente curante)

Estas dos partes se mantienen separadas hasta momentos previos a la aplicación, excepto para el caso en que el agente curante sea el oxígeno o la humedad ambiental, en la que la resina de poliuretano estaría en sólo un envase.

A) Resina básica de poliuretano

Se obtiene al reaccionar un isocianato di ó polifuncional (alifático o aromático) con un compuesto que tenga 2 o mas grupos hidroxilo por molécula.



La reacción típica es la reacción entre 2-4-toluenodiisocianato (TDI) y un polieter tal como el polipropilén glicol (el propilén glicol es $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$) para formar un poliuretano con grupos isocianato en los extremos de sus moléculas, los cuales contienen grupos reactivos para reaccionar con la sustancia curante.

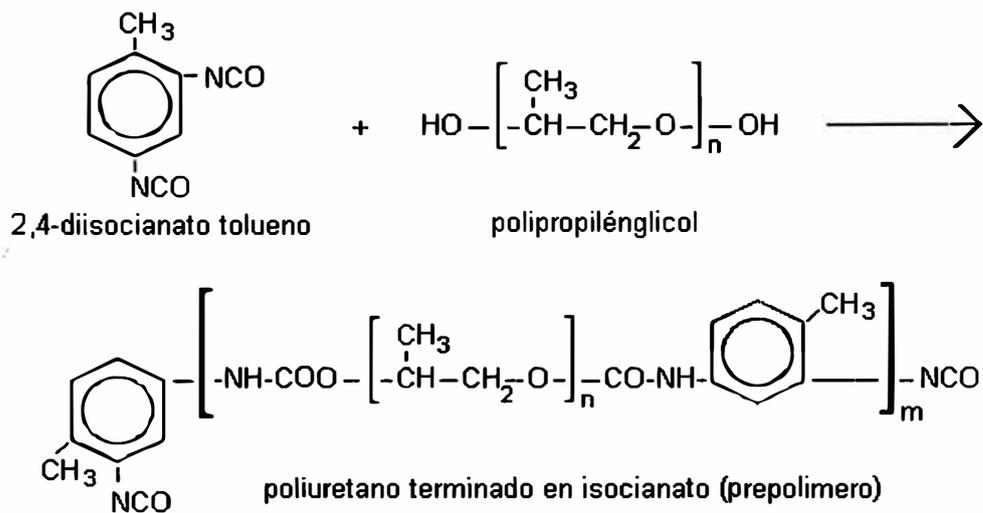


Fig.5.7 Formación de la resina básica de poliuretano

B) Agentes de curado.

También se denominan co-reactantes y pueden ser cualquier compuesto con grupos oxidrilo (o hidroxilo). Estos agentes curantes también determinan tipos de resinas de poliuretano.

Se utilizan como agentes de curado:

- Oxígeno (para los poliuretanos modificados con aceite)
- Agua (para los poliuretanos de curado húmedo)
- Polioles (para los poliuretanos alifáticos)

En la tabla 5.2 se observan las diferencias entre las propiedades de los poliuretanos.

TIPOS

Las diferentes resinas básicas de poliuretano y los diversos agentes curantes hacen que los poliuretanos sean al igual que las resinas epóxicas, un tipo de material muy versátil con los que se puede desarrollar recubrimientos resistentes a la corrosión

Según la norma ASTM* D-16, hay los siguientes tipos de resinas de poliuretano:

- | | |
|--|----------|
| • Uretanos modificados con aceite | Tipo I |
| • Poliuretanos de curado húmedo | Tipo II |
| • Sistemas basados en isocianatos bloqueados | Tipo III |
| • Prepolímeros catalizados con secantes | Tipo IV |
| • Poliuretanos alifáticos (Sistemas poliol/poliisocianato) | Tipo V |
| • Lacas de Poliuretano | Tipo VI |

Sin embargo, desde el punto de vista de las pinturas anticorrosivas, se limitará el estudio a aquellas resinas de poliuretano que tienen características de recubrimiento definitivamente buenas. Estas son:

- Poliuretanos modificados con aceite

- Poliuretanos de curado húmedo
 - Poliuretanos alifáticos (sistemas poliol/poliisocianato)
- * ASTM son las siglas de American Society for Testing and Materials

La influencia del agente curante en la resina poliuretano se muestra en la Tabla 5.2

Tabla 5.2

Algunas propiedades generales de las resinas poliuretano según el agente curante

Resistencia a	Modificado con aceite	Curado húmedo	Alifático
Abrasión	B	E	B
Agua	R	B	B
Ácidos	M	R	R
Álcalis	M	R	R
Sales	R	R	R
Solvente Aromático	R	B	B
Solvente Alifático	R	B	B
Solvente oxigenado	M	R	B
Intemperie	B	B	E

Simbología: E: excelente B: buena R: regular M: mala

5.2.8 RESINA DE POLIURETANO MODIFICADO CON ACEITE.

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

- Una resina básica de poliuretano, producto de la reacción entre 2-4-toluenodisocianato (TDI) y una mezcla de triglicéridos mono o dihidroxilados.

- El agente de curado, que en este caso es el oxígeno del aire.

Viene en un solo envase, por lo que se le llama monocomponente.

MECANISMO DE CURADO

Consta de una etapa:

La porción de aceite secante del polímero reacciona con el oxígeno del aire (en forma análoga a los aceites secantes) hasta formar la película de recubrimiento.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Las resinas de poliuretano modificados con aceite se caracterizan por tener:

- Muy buena retención de brillo
- Buena resistencia a la intemperie.
- Buena resistencia a la abrasión

Es utilizada principalmente para acabados claros o transparentes. Cuando contiene pigmentos sus propiedades son parecidas a la de los alquídicos.

En cuanto a su resistencia química es baja, determinada por su similitud a las resinas alquídicas y a las de aceite secante.

5.2.9 RESINA DE POLIURETANO DE CURADO HÚMEDO.

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

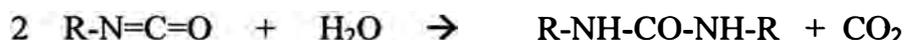
- **La resina básica de poliuretano**, que en este caso es un aducto (prepolímero) preparado con un exceso de diisocianato casi siempre aromático (como el difenilmetano diisocianato) y un compuesto polihidroxiado (como el trimetilolpropano). Este aducto tiene 3 grupos isocianato por molécula.

- **El agente de curado**, que en este caso es esencialmente el agua o la humedad del medio ambiente.

De allí que una de sus ventajas es que se comercializa en un solo envase.

MECANISMO DE CURADO

Consta de una etapa: Reaccion de los grupos isocianatos con el agua.



El hecho de que estos recubrimientos de uretano son curados por la humedad del aire también es, algunas veces, una desventaja:

- El tiempo de curado se reduce rápidamente cuando la humedad es alta, y
- El tiempo de curado se prolonga al punto de no curar si la humedad es baja.

También, debido al incremento de los enlaces cruzados el repintado deberá implementarse antes que el polímero alcance el curado completo (usualmente dentro de las 24 horas después de su aplicación), de lo contrario será necesario aplicar cierta abrasión en su superficie a fin de asegurar la adherencia entre capas. Otra desventaja es que el envase debe ser hermético y una vez abierto no puede guardarse el contenido.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Tiene sobresaliente resistencia a la abrasión y al desgaste, unido a buena flexibilidad, dureza y resistencia a la tensión. Su resistencia a los solventes y a los productos químicos (ácidos, álcalis, halógenos, sulfatos y otras sales) es muy buena pero, tiene baja estabilidad frente a la luz y poca retención de color.

5.2.10 RESINA DE POLIURETANO ALIFÁTICO

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

- **La resina básica de poliuretano**, que en este caso es un aducto (prepolímero) preparado con un exceso de diisocianato alifático (como el hexametileno diisocianato, HDI) y un compuesto polihidroxiado (generalmente poliésteres o acrílicos hidroxilados). Este aducto tiene 3 grupos isocianato por molécula.
- **El agente de curado**, que en este caso esencialmente es un poliol (como un acrílico con grupos hidroxilo o poliésteres con grupos hidroxilo) o una mezcla de polioles, van en un envase separado de la resina básica y va acompañado de los solventes y aditivos.

MECANISMO DE CURADO

Consta de una etapa: los grupos isocianato reaccionan con los grupos hidroxilo del poliéster o del acrílico, dando lugar a enlaces cruzados.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Su propiedad singular es su alta estabilidad frente a la luz (y los rayos UV) , buena apariencia y retención de color, característica no superada por los epóxicos ni por los poliuretanos aromáticos. También posee las características propias de los poliuretanos como son sus excelentes propiedades mecánicas de resistencia a la abrasión y al desgaste, combinado con flexibilidad, dureza y resistencia a la tensión, que además se pueden regular mediante formulaciones desde bien flexibles hasta bien duros (a diferencia de los epóxicos que normalmente son rígidos). También tiene buena resistencia química, en especial en cuanto a su resistencia a los solventes, ácidos, álcalis, halógenos, sulfatos y otras sales. Su estabilidad frente a la luz lo hace especial para aplicaciones en exteriores. Por

otro lado, su velocidad de curado es normalmente muy lenta, lo cual se supera con aditivos catalizadores. Los poliuretanos alifáticos son generalmente mas caros que los poliuretanos aromáticos.

5.2.11 RESINAS ACRÍLICAS

DESCRIPCION GENERAL

Las resinas acrílicas son derivados poliméricos del ácido acrílico, $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ y del ácido metacrílico, $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$.

La reacción polimérica es del tipo de adición.

Las resinas más importantes son polímeros de ésteres metil y etil de estos ácidos o copolímeros de estos monómeros (también se utilizan ésteres propil, butil e isopropil así como también acrilamidas, acrilonitrilos y otros materiales similares).

Estos monómeros pueden ser mezclados en cualquier número de diferentes proporciones y luego polimerizadas hasta resinas acabadas.

Debido a todas las variantes en la esterificación y en la copolimerización de las resinas de los diferentes monómeros acrílicos esterificados, hay casi un incontable número de combinaciones que pueden utilizarse.

Las resinas acrílicas se caracterizan principalmente por su color blanco agua, resistencia al cambio de color con el tiempo y su perfecta transparencia.

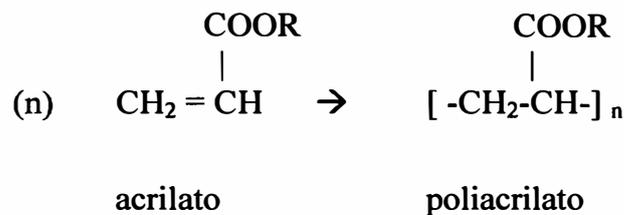
A continuación se desarrollará lo relacionado con los tipos de resina acrílica.

TIPOS.

A) ACRÍLICOS (NO MODIFICADOS):

Son polímeros obtenidos a partir de los ésteres acrílicos. Son de alto peso molecular promedio.

Estos polímeros son termoplásticos.



Aunque todos **son ésteres**, los grupos éster no están en la **cadena principal** del polímero final (sino que está como radical), disminuyendo su susceptibilidad a la hidrólisis alcalina.

Estas resinas no requieren agente curante sino que forman la película por evaporación de solventes.

B) ACRÍLICOS MODIFICADOS

Son copolímeros obtenidos a partir de los ésteres acrílicos y un acrílico polifuncional. Según este último será:

- Acrílicos carboxilados: si el éster acrílico se copolimeriza con un ácido acrílico .
- Acrílicos hidroxilados; si el éster acrílico se copolimeriza con un ester acrílico hidroxilado.

Para que estos acrílicos mejoren sus propiedades como recubrimiento es necesario el uso de un agente curante y entonces se producen enlaces cruzados y se convierten en acrílicos termoestables.

Los polímeros acrílicos comerciales son casi siempre copolímeros de varios monómeros por lo que puede alcanzarse un amplio rango de valores de dureza, resistencia y flexibilidad.

Por su importancia como resina para pinturas de acabado y la protección del acero, a continuación se desarrollará lo correspondiente a la resina acrílica hidroxilada.

5.2.12 RESINA ACRILICA HIDROXILADA.

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

A continuación se especifica cada parte:

- **La resina básica acrílica hidroxilada**, en este caso es un copolímero resultante de la polimerización de un éster acrílico (como el etilacrilato) con un éster acrílico hidroxilado (como el 2-hidroxietil acrilato). Este copolímero tiene grupos hidroxilos a lo largo de toda la molécula.
- **El agente de curado**, que en este caso esencialmente es un polisocianato (como el hexametiléndiisocianato) .

MECANISMO DE CURADO

Consta de una etapa: los grupos isocianato reaccionan con los grupos hidroxilo de la resina básica acrílica hidroxilada dando lugar a enlaces cruzados.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La cadena principal del polímero está enlazada totalmente con enlaces carbono - carbono (que son relativamente inertes) y no son susceptibles a cambios químicos como lo son las uniones éster, éter y amida.

Aún cuando el lado éster puede hidrolizarse, sin embargo, tal cambio no necesariamente resulta en una ruptura de la cadena de carbonos del polímero. A

esto se debe su gran durabilidad exterior, resistencia a la intemperie y buena apariencia de los recubrimientos por un largo periodo de tiempo.

Los que tienen radicales alquilo (R) pequeños son menos solubles en hidrocarburos.

La ventaja del peso molecular bajo en el polímero resultante es que aumenta su solubilidad y disminuye su viscosidad. Esto permite obtener recubrimientos con alto contenido de sólidos (y bajo contenido de solvente) llegando hasta 85 % .

5.2.12 RESINA CUMARONA

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

La resina cumarona sólo comprende un componente en el cual se encuentran juntos:

- Una mezcla de homopolímeros y copolímeros de los compuestos cíclicos insaturados cumarona e indena (obtenidos de la nafta, subproducto del coque) que polimerizaron por adición. La resina es del tipo termoplástico.

MECANISMO DE CURADO

El mecanismo de curado o de formación de película es por evaporación del solvente en el cual está disuelto, no habiendo ningún cambio químico involucrado.

PRINCIPALES PROPIEDADES

Como hidrocarburos, la resinas cumarona e indena tienen buena resistencia al agua (pero no para inmersión), a las soluciones salinas, a los ácidos y álcalis. Pigmentado con aluminio tiene buena durabilidad exterior. Se utiliza con solventes volátiles por lo cual su secado es rápido.

5.3 PIGMENTOS

5.3.1 CLASES DE PIGMENTOS

De acuerdo a su función principal en la pintura, los pigmentos se clasifican en:

- **Pigmento inhibidores:** reaccionan con el sustrato para proporcionar una superficie pasiva, o bien para proteger catódicamente. Solo están contenidas en las capas primarias. Ejemplos: óxidos de hierro.
- **Pigmentos inertes y de refuerzo:** los inertes mejoran la densidad, aumentan el espesor y la resistencia al deterioro de las pinturas. Los de refuerzo lo hacen físicamente mas resistentes, con menor tendencia a ruptura. Ambos en general pueden mejorar la adherencia, viscosidad, tixotropía de la pintura.
- **Pigmentos de color:** su principal función es impartir color, opacidad y mayor capacidad cubriente a las pinturas. Otra función importante es la de proteger la resina de la radiación ultravioleta cuando es expuesta a los rayos solares.

5.3.2 TIPOS DE CONCENTRACIÓN DE PIGMENTO EN LA PINTURA

Una vez que han sido seleccionados los apropiados constituyentes de una pintura, se debe mezclarlos en las proporciones adecuadas. En relación a este punto se utilizan algunos términos que conviene definir:

- **Proporción de Pigmento a Resina (P/R) :** es la proporción (o razón) entre el peso de pigmento y el peso de la resina.
- **Concentración de pigmento en volumen (CPV) :** es la proporción (o razón) entre el volumen de pigmento y la suma del volúmen del pigmento con el volumen de la resina.
- **Concentración Crítica de pigmento en volumen (CCPV) :** es la concentración de pigmento en volumen (CPV) a la cual se tiene la cantidad

precisa de resina suficiente para cubrir cada partícula de pigmento con una delgada película. Se cumple que :

Caso A: Si $CPV < CCPV$ entonces la resina está en exceso

Caso B. Si $CPV > CCPV$ entonces hay insuficiente cantidad de resina

Generalmente se cumple que con valores pequeños de CPV (que están en el caso A):

- el brillo es alto, esto conviene cuando se desea acabados brillantes
- la tendencia al ampollado es alta, esto no conviene
- la permeabilidad es baja, esto limita la corrosión pero aumenta el ampollado
- la corrosión es baja, esto si conviene

Pero con valores bien altos de CPV (que están en el caso B) es todo lo contrario, por lo cual se recomienda que el CPV tenga valores cercanos al CCPV. Aún así, las pinturas ricas en zinc están en el lado B, esto es así principalmente porque el polvo de zinc no absorbe resina.

A continuación se describe a los pigmentos inhibidores de mayor uso en nuestro país y en el anexo 3 se presenta un listado más amplio de ellos.

5.3.3 COMPUESTOS DE CROMO

Tres de los cromatos más usados como pigmentos inhibidores tipo cromato son:

- El cromato de potasio y zinc, llamado **zinc cromato**, $4 ZnO.K_2O.4CrO_3.3H_2O$
- El tetraoxocromato de zinc, llamado zinc cromato básico, $ZnCrO_4.4Zn(OH)_2$
- El cromato de estroncio, $SrCrO_4$

A continuación se describen características de este pigmento:

- **Ventaja de los cromatos:** El uso de cromatos en forma de pigmentos (tales como cromatos dobles de zinc y potasio o cromato de estroncio) ha sido muy exitoso y está basado en el hecho de que la mayoría de pinturas son permeables al agua, y en especial cuando las pinturas son formuladas a proporciones reducidas de concentración de pigmento en volumen respecto a

la concentración crítica de pigmento a volumen. Cuando la permeabilidad a la humedad es relacionada con la solubilidad del cromato utilizado, pueden migrar suficientes iones cromato a la superficie de metal para iniciar y sostener la formación de una película pasiva. Teóricamente, mientras permanecen constantes la reserva de iones cromato y la velocidad de transmisión de vapor de agua, la película de imprimante (o pintura primaria) mantendrá sus propiedades protectoras.

- **Desventaja de los cromatos:** Normalmente, los cloruros vienen de la cara externa de la película de pintura, si estos cloruros llegan a la interfase acero-pintura tendrán una acción despasivante (romperán la película pasiva). Por eso, las pinturas son formuladas para que sean más permeables al agua pura que a las soluciones salinas, con lo cual se restringe el acceso de los cloruros y otros iones despasivantes hacia la superficie del metal. Al mismo tiempo, la inclusión de cromatos en la película favorece el acceso de los iones cromato al acero. Si los iones cloruro de todas maneras ingresan a la película de pintura por las discontinuidades, o existían sobre el metal antes de aplicarse la pintura, o esta es permeable a las soluciones iónicas por una proporción excesiva de CPV/CCPV, entonces la pasivación será impedida y no tendrá lugar la protección. Adicionalmente, la pérdida local de protección en puntos individuales puede dar lugar a la formación de pequeños y muy activos ánodos rodeados por grandes áreas aún protegidas que actuarían como cátodos. la magnitud de la densidad de corriente en tales puntos aislados puede dar lugar a un proceso de formación y desarrollo de picaduras muy intenso en la superficie del acero.

Por esta razón, algunas veces los cromatos son vistos como inhibidores peligrosos para el acero.

5.3.4 COMPUESTOS DE PLOMO

Los compuestos de plomo más utilizados como pigmentos inhibidores son:

- El óxido rojo de plomo, plomo rojo o **minio**, Pb_3O_4

- El sílico cromato de plomo, que consiste en una mezcla de $3\text{PbO}\cdot\text{PbSiO}_3$ 25%, $\text{PbO}\cdot\text{PbCrO}_4$, 28%, SiO_2 46%

Los pigmentos básicos tales como el plomo rojo (minio), litargirio, cromato sílico básico de plomo también (al igual que los cromatos) han mostrado ser inhibidores del hierro y del acero, especialmente cuando son empleados en imprimantes alquídicos o de aceite. Para explicar esto, se han sugerido varias teorías:

Por ejemplo, se ha sugerido que el efecto pasivante está relacionado con el hidróxido de plomo, lo cual es muy probable al considerar la precipitación del producto formado al reaccionar con el anhídrido carbónico atmosférico: el insoluble carbonato de plomo.

También se ha sugerido que el plomo rojo puede secuestrar los solubles sulfatos férricos, convirtiéndolos en insolubles sulfatos de plomo. La evidencia que apoya esta idea es el excepcional desempeño de los imprimantes de aceite de linaza con plomo rojo aun en superficies con poca preparación de superficie.

También se ha propuesto que los pigmentos de plomo básicos y, en menor extensión, otros inhibidores básicos como el óxido de zinc o el fosfato básico de zinc proporcionan protección vía su relación con ácidos: los ácidos mono y dicarboxílicos producidos por vehículos oxidativos (es decir, que curan con oxígeno ambiental) tales como los alquídicos y los aceites. Estos sistemas forman jabones de plomo los cuales parecen ser los verdaderos inhibidores. Estos actúan reparando y dando mayor espesor a las capas de óxido formadas naturalmente por el acero en el aire. Esta teoría también es apoyada por el buen desempeño de este tipo de imprimante sobre las superficies herrumbradas.

5.3.5 ÓXIDO FÉRRICO

El óxido férrico (Fe_2O_3) es llamado rojo óxido. Los mejores pigmentos rojos para ambientes corrosivos son los óxidos de hierro en razón de que resisten al calor, estabilizan la resina ante los rayos ultravioleta, resisten a los ácidos y álcalis. Por otro lado, tienen buena opacidad y están disponibles en variedad de matices.

El óxido de hierro micáceo mejora las propiedades de barrera de la pintura dado que hacen mas largo y difícil el camino de los agentes agresivos al sustrato.

5.3.6 ALUMINIO

El aluminio se utiliza como pigmento anticorrosivo en la forma de polvo o pasta, conteniendo determinadas cantidades de aceite, el cual los conserva mejor y los lubrica. Las partículas de aluminio también son laminares y actúan mejorando el mecanismo de barrera de las pinturas.

5.3.7 FOSFATO DE ZINC

Los fosfatos de zinc, principalmente el de forma básica, son los más exitosos entre los nuevos inhibidores.

En atmósferas industriales ácidas, las pinturas con este pigmento muestran excelente inhibición.

Su mecanismo de protección involucra la formación de películas de hierro tribásico sobre la superficie del metal, aunque también se ha planteado la hidrólisis de la sal para formar iones fosfatos secundarios los cuales forman inhibidores complejos adherentes.

5.4 ADITIVOS

Los aditivos son sustancias que añadidas a las pinturas en pequeñas cantidades (menos del 1 %), modifican fuertemente sus propiedades.

Son usuales los siguientes:

- Agentes anti-sedimentantes
- Modificadores de viscosidad
- Agentes surfactantes y emulsificantes

- Agentes antiespumantes
- Secantes
- Plastificantes
- Foto-estabilizadores
- Agentes que reducen la formación de pieles de almacenamiento
- Biocidas
- Agentes modificadores de flujo

Uno de los principales aditivos que interviene en la formulación de pinturas de alto sólido son los agentes modificadores de viscosidad.. Se utilizan para lograr que la fuerza de mezclado previo y la fuerza durante la aplicación de la pintura produzca una disminución de la viscosidad, a fin de la aplicación sea mas rápida. Los líquidos que reducen su viscosidad al aplicarse una fuerza se llaman tixotrópos y los sustancias que proporcionan este efecto se denominan agentes tixotrópicos. Son ejemplos de estos agentes: los ésteres de celulosa, la sílice micronizada y las arcillas modificadas .

5.5 PINTURAS ANTICORROSIVAS REPRESENTATIVAS

5.5.1 PINTURAS RICAS EN ZINC

Las pinturas ricas en zinc son aquellas en las que el pigmento es polvo de zinc. El tipo de resina utilizada determinará la existencia de dos grandes grupos:

- Pinturas orgánicas ricas en zinc
- Pinturas inorgánicas ricas en zinc

Generalmente se utilizan como primera capa (o sea como primario)

5.5.2 PINTURAS ORGÁNICAS RICAS EN ZINC

En este tipo de pintura rica en zinc, la resina en principio puede ser cualquier resina de tipo orgánico y el polvo de zinc está contenido en la resina en una cantidad que permita que las partículas de zinc estén en contacto entre si, pero a la vez que la resina mantenga la cohesión y adherencia apropiadas. Además, la resina no debe reaccionar con el pigmento de forma que produzca su degradación.

Las resinas que tienen enlaces tipo ester en su cadena polimérica principal están sujetas a sufrir hidrólisis alcalina con los productos de la reacción catódica.

Para los efectos de selección utilizaremos las pinturas cuyas resinas son del tipo:

- Epóxica poliamida
- Poliuretano alifático

MECANISMO DE CURADO

Hay pocas reacciones químicas involucradas en la formación o formulación de recubrimientos orgánicos ricos en zinc aparte de las que proporcionan un vehículo resistente que no reacciona con el zinc. Las reacciones químicas consisten principalmente del curado del vehículo.

El zinc existe en la película como un cargamento pesado de pigmento. La formación de la película es por lo tanto similar a la de cualquier recubrimiento orgánico, con la excepción de que el volumen de pigmento en el vehículo es, por necesidad, alto.

Una vez que el recubrimiento está formado, sólo el zinc en contacto con la superficie reacciona para formar iones al proveer la protección catódica. Una vez ionizado, puede reaccionar con otros iones atmosféricos para formar compuestos tales como óxido de zinc, hidróxidos de zinc, carbonatos de zinc, etc., sobre la superficie del recubrimiento.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los primarios orgánicos ricos en zinc tienen algunas características importantes, particularmente las relacionadas y las comparadas con los recubrimientos de zinc inorgánico.

- **Compatibilidad.** La característica más sobresaliente de los primarios orgánicos ricos en zinc es su compatibilidad tanto con la superficie de acero como con compuestos orgánicos. Esto es extremadamente importante al reparar el recubrimiento y puede ser importante durante la construcción original donde están involucrados muchos tipos de superficies todas las cuales requieren excelente protección contra la corrosión.

Los recubrimientos orgánicos ricos en zinc pueden extender desde acero desnudo hasta varios primarios y capas de acabado (orgánico o inorgánico) y proveer adherencia a cada superficie. Debieran ser compatibles tanto con capas de acabado oleosinas como con tipos de resinas sintéticas, lo cual no es posible con los recubrimientos inorgánicos de zinc.

- **Protección Catódica.** Los recubrimientos orgánicos de zinc proporcionan protección catódica, tanto como la formulación permita que el contacto partícula a partícula de zinc se mantenga.
- **Aplicación.** Con un ligante orgánico, la aplicación de los recubrimientos orgánicos de zinc cubre un amplio rango de condiciones. Los ligantes orgánicos pueden ser de secado rápido o lento, y las condiciones de curado pueden variar ampliamente dependiendo de los requerimientos de la aplicación.
- **Resistencia del ligante.** Una pintura orgánica rica en zinc puede adquirir mayor o menor resistencia química, dependiendo del ligante y sus requerimientos de uso.

El caucho clorado, los epóxicos, o vinílicos son aquellos que podrían proveer resistencia química; las siliconas proporcionan resistencia a la temperatura y a la intemperie; mientras que algunos alquídicos proporcionan una resistencia intermedia a la temperatura y una buena durabilidad a la intemperie. Numerosos ligantes orgánicos pueden utilizarse dependiendo de la intención de uso para el recubrimiento rico en zinc.

- **Preparación de superficie.** A menudo se dice que las pinturas orgánicas ricas en zinc están sujetas a menor exigencia en preparación de superficie en relación a los materiales inorgánicos de zinc. Esto puede ser verdad para la aplicación inicial dado que podrían estar menos sujetos a problemas de contaminación orgánica.

Por otro lado, al margen del factor de contaminación orgánica, una ligera coloración de herrumbre sobre la superficie de acero que se va a recubrir puede ser tolerada más fácilmente por un recubrimiento inorgánico de zinc que por un material de base orgánica. Esto se debe a la habilidad del vehículo inorgánico de zinc para mojar completamente el óxido y reaccionar con él.

Generalmente los vehículos orgánicos son dieléctricos (o sea, aislantes eléctricos). Las dos resinas consideradas (esto es, la resina epóxica poliamida y la resina de poliuretano) tienen buenas propiedades dieléctricas, lo cual hace necesario para el zinc estar en suficiente cantidad a fin de que cuando el recubrimiento esté seco y listo para usar, el zinc esté en contacto partícula a partícula a través de la película. Generalmente se acepta que la película seca de una pintura orgánica rica en zinc debe contener entre un 90 a 95 % en peso de zinc a fin de que el zinc tenga el contacto partícula-a-partícula.

Las partículas de zinc deben estar en contacto desde el metal base hasta la superficie del recubrimiento a fin de que el recubrimiento sea conductor y prevenga la corrosión por protección catódica.

5.5.3 PINTURAS INORGÁNICOS RICAS EN ZINC

Los principales tipos de recubrimientos inorgánico de zinc:

- Post-curado
- Autocurante
- Silicato orgánico

5.5.4 PINTURA INORGÁNICA RICA EN ZINC TIPO POST CURADO

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Este tipo de recubrimiento tiene 3 componentes:

- una solución acuosa de un silicato alcalino (por ejemplo Na_2SiO_4) o un gel del mismo
- zinc en polvo finamente dividido
- una solución curante ácida, generalmente ácido fosfórico o un fosfato orgánico

MECANISMO DE CURADO

- El primer paso es principalmente el proceso de deshidratación en la cual el agua, el cual es el solvente básico para el silicato, se evapora de la superficie limpia de acero, dejando el zinc y el silicato alcalino (y el óxido de plomo) sobre la superficie como un recubrimiento. En este punto, cuando el recubrimiento queda libre de agua es muy duro y metálico. El raspado con una moneda solamente pule el zinc del recubrimiento. Sin embargo, no está curado para la insolubilidad en agua.
- Una vez que ha tenido lugar el proceso de secado, se rocía o se aplica con brocha sobre la superficie del recubrimiento una solución de sal ácida de fosfato amina a fin de mojar completamente la superficie externa con este compuesto de curado.

- La siguiente reacción consiste en que la sal ácida gradualmente neutraliza el sodio de la solución de silicato de sodio y crea una condición suavemente ácida sobre y en el recubrimiento.
- Esta neutralización del sodio abre los grupos de sílice activos a los cuales estaba conectado el sodio.
- La adición de la solución ácida de fosfato sobre la superficie del recubrimiento de zinc ioniza el zinc y también el óxido de plomo que está mezclado con él.
- Como esto tiene lugar, allí ocurre una rápida reacción entre los grupos de sílice activos y el plomo y el zinc, los cuales insolubilizan en la matriz de sílice y forma algo de polímeros de silicato de plomo y zinc desde la estructura molecular básica del silicato.
- El fosfato ácido también reacciona con el plomo y el zinc ionizados para formar los muy insolubles fosfatos de plomo y de zinc. Esta reacción forma los fosfatos de plomo y de zinc en la matriz de silicato. En este punto, el recubrimiento se ha convertido en insoluble al agua y no es afectado por la exposición a la intemperie.
- Seguido a la aplicación y reacción del agente de curado, todas las sales solubles remanentes sobre la superficie son removidas con agua limpia. Esto elimina el fosfato de sodio y las sales de aminas de modo tal que la mayor parte de los materiales solubles son removidas del recubrimiento. En este punto, el recubrimiento es denso y no poroso, a la vez que insoluble en agua y no afecto por la atmósfera marina. En esta etapa, puede ser fácilmente recubierto con recubrimientos orgánicos.
- El curado del recubrimiento continúa mientras se alcanza la insolubilidad, junto con la resistencia a la intemperie y la actividad marina. El curado completo acontece gradualmente por un período de muchos meses con la reacción del dióxido de carbono y agua sobre el recubrimiento con posterior reacción de la matriz de sílice con los iones zinc los cuales fueron formados por el ácido carbónico. Esta reacción es bien conocida e incrementa la

tenacidad, dureza y adherencia del recubrimiento por un período de muchos meses o años.

5.5.5 PINTURA INORGÁNICA RICA EN ZINC TIPO AUTOCURANTE

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Este tipo de recubrimiento tiene dos componentes:

- como vehículo, una solución de silicato de litio o de amonio, con una alta proporción de SiO_2 a MnO_2 . La resina (y la pintura) es soluble en agua.
- el pigmento, polvo de zinc.

MECANISMO DE CURADO

- Primero, el silicato de álcali se concentra al evaporarse el agua. Esto proporciona el secado inicial y la deposición primaria del recubrimiento. En este caso el silicato de álcali es mucho menos alcalino de lo que podría ser en el caso de los recubrimientos de post-curado, de modo que la mayor parte del silicato está en forma de un ácido polisilicato. Esto permite una reacción más rápida del zinc contenido en el recubrimiento y forma la base para el autocurado. Otros iones metálicos también pueden incluirse para acelerar este proceso de autocurado.
- La segunda reacción es la insolubilización de la matriz de silicato por medio de una reacción con los iones zinc de la superficie de las partículas de zinc y probablemente con iones ferroso de la superficie de acero limpiada con chorro de abrasivos. Como el zinc reacciona en el silicato o en el polímero de ácido silícico, el recubrimiento se convierte en insoluble, formando un polímero de sílice-oxígeno-zinc. Esta es la base de la matriz que mantiene el polvo de zinc fijo.

- La tercera reacción que tiene lugar en el recubrimiento es la que ocurre por un largo período de tiempo, haciéndolo en materia de días, meses o años antes que ocurra la saturación final del polímero silicato con el zinc. Esta continuación de la reacción es el resultado de la humedad del aire, condensación de humedad en la superficie, o lluvia, los cuales crean una condición ácida muy suave y continúa hasta reducir el álcali y ayuda en la ionización del zinc que continuará la reacción con el polímero silicato ácido. Esta reacción procede gradualmente a través del recubrimiento en la interfaz del acero, incrementando la adherencia del recubrimiento a la superficie de acero y haciendo al recubrimiento extremadamente denso y parecido al metal. Por un período de tiempo, el carbonato de zinc y el hidróxido de zinc se forman en y sobre el recubrimiento para reducir cualquier porosidad que pudiera existir y formar la película como una capa continua.

5.5.6 PINTURA INORGÁNICA RICA EN ZINC TIPO SILICATO ORGÁNICO

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Este tipo de recubrimiento tiene un solo componente:

- el vehículo (silicato de etilo o el silicato de un polialcohol) y el pigmento (polvo de zinc) están en un solo envase. Esta resina es soluble en solventes orgánicos.

MECANISMO DE CURADO

Las reacciones generales para la formación del recubrimiento son similares a los productos autocurantes de base agua. Sin embargo, debido a algunas diferencias es necesario describir todo.

- El primer paso consiste en la aplicación de la mezcla silicato de etilo hidrolizado y zinc en una superficie de acero "arenada". La reacción inicial involucra la evaporación del solvente en el vehículo de silicato orgánico, dejando la mezcla de zinc y silicato orgánico sobre la superficie de metal.
- En la segunda reacción, que es la que tiene lugar durante la aplicación o un poco después de esta, la humedad del aire continúa para hidrolizar el silicato de etilo a ácido silícico. Luego este reacciona con el zinc, y posiblemente con otros iones metálicos que han sido adicionados a la mezcla, para dar al recubrimiento su insolubilidad inicial. Los recubrimientos de silicato orgánico son conocidos por su rápida resistencia al agua, la cual se debe tanto a la precipitación de la mezcla de zinc y silicato de etilo, como a la aún mas rápida reacción que tiene lugar en una atmósfera húmeda.
- La tercera reacción (el mecanismo de curado de largo plazo) es similar a las reacciones que tienen lugar con los otros recubrimientos inorgánicos de zinc. El ácido silícico polimeriza más y reacciona aún más con el zinc y con los otros iones metálicos que puedan estar incorporados en la fórmula. Estos otros iones metálicos se incorporan en cantidades muy pequeñas principalmente para el curado inicial, aunque algunos (por ejemplo el plomo) tienden a mejorar la película de silicato por un período de tiempo.

5.5.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS PINTURAS INORGÁNICAS RICAS EN ZINC.

- **Resistencia a la corrosión.** Su resistencia química es excelente comparada con el mismo zinc metálico, el cual, exceptuando medios ácidos y básicos, tiene buena resistencia.
- **Protección catódica.** La matriz inorgánica es conductora y permite al zinc ir hacia la solución en forma controlada, haciéndolo anódico respecto al acero y de esta manera permite proteger catódicamente cualquier ruptura que pudiera ocurrir en el recubrimiento. Cualquier área pequeñas sin pintar, huecos

dejados por burbujas de aire, raspaduras o arañados se curan eventualmente por la formación de los productos de reacción del zinc, tales como el hidróxido de zinc y el carbonato de zinc. Esta acción es importante dado que proporciona un incremento adicional de protección a las áreas dañadas del recubrimiento.

- **Resistencia a la intemperie.** Un recubrimiento inorgánico de zinc, al ser completamente inorgánico, no es afectado por la intemperie, luz solar, radiación ultravioleta, lluvia, rocío, bacteria, hongos, o temperatura. Dado que es esencialmente inerte a estos factores orientados por el clima, los recubrimientos no "tizan" o cambian con el tiempo. La película de inorgánico de zinc permanece intacta y esencialmente con el mismo espesor, aún después de muchos años de exposición.
- **Desprendimiento en incisiones.** Los recubrimientos inorgánicos de zinc, al igual que los galvanizados, pero no generalmente los recubrimientos orgánicos, previenen la formación de herrumbre en las incisiones (cortes). El aglutinante inorgánico reacciona químicamente con la superficie de acero subyacente en forma similar a la que reacciona con la superficie de las partículas de zinc. Esta reacción ocurre en la interfaz entre el acero y el recubrimiento, formando un permanente enlace químico entre los dos. Esta propiedad determina:
 - la efectividad y duración del recubrimiento,
 - la prevención del desprendimiento de la pintura en incisiones,
 - que se multiplique varias veces la vida efectiva de una capa de acabado orgánica.
- **Encogimiento.** Los recubrimientos inorgánicos de zinc no se encogen durante el secado o curado, como sí lo hacen los recubrimientos orgánicos. Esta propiedad es debida al método por el cual se forma la película. El líquido aplicado moja bien la superficie de metal y fluye hasta sus pequeñas imperfecciones. Mientras se forma la película, se evapora el agua o el solvente, permitiendo al recubrimiento asentarse sobre la superficie. Hasta este punto, el recubrimiento no tiene tenacidad o dureza, lo que si ocurre en

las películas orgánicas. Cualquier reducción del volumen por evaporación del solvente se traduce en la reducción del espesor antes que en la reducción del área paralela a la superficie. La única excepción ocurre cuando la película se aplica con demasiado espesor, en cuyo caso se agrieta la película.

- **Resistencia a la temperatura.** Los materiales inorgánicos de zinc son relativamente inertes al calor a menos que se encuentre por encima del punto de fusión del zinc. Cuando se utilizó como capa primaria y se recubrió con una capa de acabado de silicona (polisiloxano), proporcionó protección aún a temperaturas de 500 °C por largos períodos de tiempo.
- **Resistencia a los solventes.** Al ser completamente inorgánicos, los recubrimientos inorgánicos de zinc no son afectados por los solventes orgánicos, aún los más fuertes como las acetonas, hidrocarburos clorados, hidrocarburos aromáticos, etc. Tampoco son afectados por gasolina, petróleo diesel, aceites lubricantes, combustibles para aviones, y muchos otros productos refinados similares. Por lo tanto, pueden ser utilizados solos ó en combinación con capas de acabado para exposiciones continuas con tales productos químicos. Para esta aplicación e inmersión continua en estos productos, generalmente se prefieren los inorgánicos de zinc de base acuosa . Algunos inorgánicos de zinc de base solvente pueden mostrar un ligero ablandamiento cuando se exponen a cetonas, ésteres ó solventes similares.

5.5.8 PINTURA DE SILICONA (Ó POLISILOXANO)

ESPECIFICACIÓN QUÍMICA

Las siliconas, también llamadas polisiloxanos, son monocomponentes, por lo que en un mismo envase se encuentra:

- La silicona , una mezcla de tri y bi silanoles (silanoles de funcionalidad 3 y 2)
- El solvente (generalmente un alcohol)
- El pigmento (generalmente aluminio)

- Un catalizador organometálico (generalmente octoato de zinc)

MECANISMO DE CURADO

Las resinas de silicona tienen dos formas de curado según la temperatura:

- A temperaturas entre 250 y 400 ° C durante una hora , autopolimerizan por acción del calor (acompañado por desprendimiento de agua) a través de sus grupos silanol, metoxi y/o fenoxi.
- A temperaturas mas elevadas, entre 400 y 600 °C los grupos orgánicos se queman y se forman enlaces con el metal contenido como pigmento (o incluso del sustrato).

PRINCIPALES PROPIEDADES

Inmejorable resistencia al calor (también llamada estabilidad térmica) soportando temperaturas de hasta 600 °C. También posee buenas propiedades mecánicas y de resistencia química. La resina tiene baja toxicidad. Las propiedades de la película pueden ser modificadas mezclando la resina de silicona con resinas orgánicas y también muchas resinas orgánicas pueden mejorar sus propiedades con una proporción de silicona.

5.5.9 PINTURAS CONSIDERADAS PARA EL PROCESO DE SELECCIÓN

Son 24 las pinturas con las cuales se formarán los sistemas de pintura que se utilizarán en el proceso de selección.

Éstas se describen en la tabla 5.3

TABLA 5.3
CODIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE PINTURA

Cod	Tipo de Capa	Nombre	Pigmento
P1	Primario	Inorgánico Rico en Zinc base solvente	Zinc
P2	Primario	Epóxico Poliamida	Minio
P3	Primario	Epóxico Poliamida	Cromato de zinc
P4	Primario	Epóxico Poliamida	(ninguno)
P5	Primario	Epóxico Amina	Minio
P6	Primario	Epóxico Adueto Amina	Minio
P7	Primario	Epóxico Adueto Amina	Cromato de zinc
P8	Primario	Orgánico Rico en Zinc (Epóxico poliamida)	Zinc
P9	Primario	Orgánico Rico en Zinc (Poliuretano de curado húmedo)	Zinc
P10	Primario	Poliuretano de curado húmedo	Aluminio
P11	Primario	Alquídico de aceite medio	Óxido férrico
P12	Directo a metal	Poliuretano Alifático *	FBZ y de color
P13	Directo a metal	Cumarona	Aluminio
P14	Directo a metal	Polisiloxano con alquídico	Aluminio
P15	Intermedio	Epóxico Poliamida	Óxido férrico
P16	Intermedio	Poliuretano de curado húmedo	Aluminio
P17	Acabado	Epóxico Poliamida	De color
P18	Acabado	Epóxico Amina	De color
P19	Acabado	Epóxico Adueto Amina	De color
P20	Acabado	Poliuretano Alifático **	De color
P21	Acabado	Poliuretano Alifático *	De color
P22	Acabado	Esmalte Acrílico ***	De color
P23	Acabado	Alquídico de aceite medio	De color
P24	Directo a metal	Epóxico Amina de altos sólidos	FBZ y de color

FBZ representa al pigmento fosfato básico de zinc.

- * copolimerizado con resina acrílica hidroxilada
- ** copolimerizado con resina poliéster hidroxilada
- *** resina acrílica hidroxilada (catalizable con isocianato) y resina alquídica

En las tablas siguientes (desde la tabla 5.4 hasta la tabla 5.8) se describen sus principales propiedades, agrupadas como se indica en los recuadros superiores.

TABLA 5.4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS PINTURAS						
Código de pintura	DENSIDAD	VISCOSIDAD		SÓLIDOS EN PESO	SÓLIDOS EN VOLUMEN	RENDIMIENTO (*)
	g / mL	s	ó cps	%	%	m2/gal
P 1	2,50 - 2,80	35 - 50	s (m)		> 44 (m)	68
P 2	1,10 - 1,25	90 - 120	s	63 - 68	49 - 53	73
P 3	1,10 - 1,25	90 - 120	s	63 - 68	49 - 53	73
P 4	1,10 - 1,25	90 - 120	s	63 - 68	49 - 53	70
P 5	1,30 - 1,50	900 - 1500	cps	63 - 67	43 - 47	64
P 6	1,23 - 1,40	600 - 1000	cps	52 - 56	35 - 39	52
P 7	1,23 - 1,40	600 - 1000	cps	52 - 56	35 - 39	52
P 8	2,30 - 2,40	30 - 50	s	74 - 76	44 - 46	67
P 9	3,88 - 3,92	-	-	95	80	119
P 10	1,05 - 1,09	20 - 50	s	56 - 58	46	69
P 11	1,30	600 - 900	cps	> 64	> 42	62
P 12	0,94 - 1,33	50 - 70	s (m)	> 56	> 40	59
P 13	0,87 - 0,97	> 15	s	31 - 33	24 - 26	37
P 14	0,97	15	s	> 27	> 18	26
P 15	1,32	650 - 1100	cps	60 - 62	39 - 41	59
P 16	1,08 - 1,12	30 - 50	s	55 - 57	41 - 43	62
P 17	1,12 (m)	200 - 400	cps (m)	> 56 - 63	> 46 - 50	69
P 18	1,20 - 1,35	400 - 700	cps	> 63	> 42	62
P 19	1,15	80 - 120	s	> 52	> 36	53
P 20	1,16 (m)	30 - 60	s	> 60	> 47,5	72
P 21	1,05 - 1,15 (m)	80 - 120	s	58 - 62	45 - 49	70
P 22	0,95	80 - 120	s	> 41	> 33	49
P 23	0,90 - 1,19	800 - 1200	cps	> 50	> 33	49
P 24	1,40 - 1,50	800 - 1400	cps (m)	84 - 86	79 - 81	119

Simbología:

- (*) Para un espesor de una milipulgada
- s : segundo en copa Ford # 4
- cps centipoises
- (m) : de la mezcla
- g / mL: gramos por mililitro
- gal: galón americano (3.785 L)

TABLA 5.5

RESISTENCIA FÍSICA DE LAS PINTURAS				
Código de pintura	LUZ	CORROSIÓN	ABRASIÓN	TEMPERATURA °C
P 1	Regular	Excelente	Excelente	400
P 2	Mala	Excelente	Buena	85
P 3	Mala	Excelente	Buena	85
P 4	Mala	Excelente	Buena	85
P 5	Mala	Excelente	Excelente	90
P 6	Mala	Excelente	Buena	75
P 7	Mala	Excelente	Buena	75
P 8	Buena	Excelente	Buena	100
P 9	Regular	Excelente	Excelente	90
P 10	Regular	Excelente	Excelente	95
P 11	Buena	Buena	Regular	80
P 12	Excelente	Excelente	Buena	90
P 13	Buena	Buena	Buena	250
P 14	Buena	Excelente	Buena	600
P 15	Regular	Excelente	Excelente	95
P 16	Regular	Excelente	Excelente	95
P 17	Mala	Excelente	Buena	75
P 18	Mala	Excelente	Excelente	85
P 19	Mala	Excelente	Excelente	85
P 20	Excelente	Excelente	Excelente	120
P 21	Excelente	Excelente	Buena	90
P 22	Buena	Buena	Regular	80
P 23	Buena	Buena	Regular	70
P 24	Excelente	Buena	Excelente	95

Nota : Nota: el termino corrosión se refiere en esta parte a la corrosión del sustrato metálico. La característica que se expresa de la pintura es que tanto, sus propiedades en conjunto, resisten a los agentes agresivos atmosféricos. (la resistencia a productos químicos está en otro cuadro)

TABLA 5.6

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS PINTURAS				
Código de pintura	FLEXIBILIDAD (ELONGACIÓN)	ADHERENCIA	DUREZA	BRILLO
P 1	pasa mandril cónico	100%	5 H	Mate
P 2	pasa mandril cónico	100%	5 H	Mate
P 3	pasa mandril cónico	100%	5 H	Mate
P 4	pasa mandril cónico	100%	5 H	Mate
P 5	pasa mandril cónico	100%	5H	Mate
P 6	pasa mandril cónico	100%	5H	Mate
P 7	pasa mandril cónico	100%	5H	Mate
P 8	pasa mandril cónico	100%	2H	Mate
P 9	pasa mandril cónico	100%	5H	Mate
P 10	pasa mandril cónico	100%	5H	Mate
P 11	pasa mandril cónico	100%	HB	Mate
P 12	pasa mandril cónico	100%	1H	> 85% a 60°
P 13	pasa mandril cónico	100%	F	Brillante
P 14	pasa mandril cónico	100%	2H	N.A.
P 15	pasa mandril cónico	100%	2H	Mate
P 16	pasa mandril cónico	100%	4H	Mate
P 17	pasa mandril cónico	100%	7H	> 80 unid.
P 18	pasa mandril cónico	100%	7H	> 80% a 60°
P 19	pasa mandril cónico	100%	7H	> 80 unid.
P 20	pasa mandril cónico	100%	< 6H	> 90% a 60°
P 21	pasa mandril cónico	100%	3H	> 90% a 60°
P 22	pasa mandril cónico	100%	H	> 85% a 60°
P 23	pasa mandril cónico	100%	HB	80 unid. a 60°
P 24	pasa mandril cónico	100%	>3H	Mate - brillante
ASTM	D 522	D 3359	D 3363	D 3828

Simbología:

g / ml : gramos por mililitro
 N. A. : No aplicable

TABLA 5.7

RESISTENCIA QUÍMICA DE LAS PINTURAS					
Código de pintura	ÁCIDOS	ÁLCALIS	SOLVENTES	AGUA	GASOLINA
P 1	Mala /v	Mala /v	Excelente /i	Excelente /i	Excelente /i
P 2	Buena /d	Regular /d	Buena /d	Excelente /i	Buena /d
P 3	Buena /d	Regular /d	Buena /d	Excelente /i	Buena /d
P 4	Buena /d	Regular /d	Buena /d	Excelente /i	Buena /d
P 5	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente
P 6	Buena	Regular	Excelente	Buena	Excelente
P 7	Buena	Regular	Excelente	Buena	Excelente
P 8	Excelente (s)	Excelente (s)	Excelente	Excelente (s)	Excelente
P 9	Buena (s)	Buena (s)	Excelente (s)	Excelente (s)	Excelente (s)
P 10	Excelente	Buena (s)	Excelente (s)	Excelente (s)	Excelente (s)
P 11	Regular	Regular	Buena	Buena	Buena
P 12	Excelente /s	Buena /s	Buena /d	Excelente /it	Excelente /d
P 13	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
P 14	Excelente /v	Buena /v	Buena /d	Excelente /s	Buena /d
P 15	Excelente	Buena	Disolventes	Excelente	Excelente
P 16	Buena (s)	Buena (s)	Excelente (s).	Excelente (s)	Excelente
P 17	Buena	Regular	Buena	Excelente	Buena
P 18	Excelente	Regular	Excelente	Buena	Excelente
P 19	Buena /s	Buena /s	Excelente	Buena	Excelente
P 20	Buena /d	Buena /d	Buena /d	Excelente /i	Excelente /i
P 21	Buena /s	Buena /s	Excelente	Excelente	Excelente
P 22	Regular	Regular	Regular	Buena	Buena
P 23	Mala	Mala	Mala	Buena /s	Mala
P 24	Excelente /i /v	Excelente /i /v	Excelente /i /v	Excelente	Excelente

Simbología:

- (s) sistema completo
- /d derrames
- /s salpicaduras
- /i inmersión
- /v vapores
- /it intermitente

TABLA 5.8

TIEMPOS DE SECADO DE LAS PINTURAS					
Código de pintura	LIBRE DE POLVO	AL TACTO	DURO	PARA REPINTADO	PARA INMERSIÓN
	minutos	minutos	horas	horas	días
P 1	N.A.	20	2	12	5
P 2	30	60	48	4	3
P 3	30	60	48	4	3
P 4	30	60	48	4	3
P 5	30	60	24	3 a 24	-
P 6	30	90	24	3 a 24	-
P 7	30	90	24	3 a 24	-
P 8	15	30	24	4	5
P 9	120	180	24	6	5
P 10	60	240	24	4 a 24	5
P 11	< 20	< 45	24	> 2	N.R.
P 12	< 20	< 45	24	1 a 24	N.R.
P 13	< 15	< 30	24	2	N.R.
P 14	N.A.	N.A.	1 H. a 260°C	N.A.	N.A.
P 15	< 30	< 60	24	> 1 a 25°C	3
P 16	< 120	<180	24	4 a 24	> 5
P 17	< 45	< 60	48	3 a 24	3 (a)
P 18	< 45	< 90	48	3 a 24	-
P 19	< 45	< 90	48	3 a 24	-
P 20	< 40	< 120	< 24	6 a 24	> 5
P 21	< 30	< 60	24	1 a 2	N.R.
P 22	< 15	< 30	24	1,5	N.R.
P 23	< 50	< 150	24	4	N.R.
P 24	< 60	< 120	< 24	18 - 48	> 7
ASTM	D 1690	D 1690	D 1690	-	-

Simbol ogía:

- N.A. : No aplicable
- N.R. : No recomendable
- (a) en agua
- H. hora

5.6 SISTEMA DE PINTURAS

5.6.1 DEFINICIÓN

Un **sistema de pinturas** es el conjunto formado por una o más capas de pintura de distinto tipo, superpuestas sobre la superficie del objeto con la finalidad de protegerlo de la corrosión. También se denomina así al conjunto de pinturas que forman tales capas.

Usualmente consta de tres capas (o tres tipos) de pintura:

1ra. Capa ó capa primaria.- es la que va en contacto con la superficie del objeto,

2da. Capa ó capa intermedia.- es la que une la capa primaria con la de acabado,

3ra. Capa ó capa de acabado.- es la que está expuesta al medio

Se especifica un sistema de pinturas indicando:

- El número de capas de pintura (generalmente son 3)
- El tipo de pintura de la capa respectiva,
- El espesor de la capa respectiva (llamado espesor de película seca)

Este espesor se mide en micras (micrómetros) o mils (milipulgadas)

La equivalencia aproximada entre micras y mils es: 1 mil = 25 micras.

Un sistema de pinturas cumplirá su función protectora en forma duradera si:

a) Es el resultado de una correcta **selección**, la cual comprende 2 etapas:

- Una selección **preliminar** basada en:
 - La descripción del caso-problema planteado,
 - Los conocimientos y criterios teóricos-
- Una selección definitiva en base a ensayos de laboratorio y/o de campo

b) Las pinturas involucradas son de buena calidad,

c) La superficie es preparada adecuadamente en limpieza y rugosidad,

d) La aplicación y curado del recubrimiento son adecuados.

Se han considerado un total de 24 tipos de pinturas y con ellos se han conformado un total de 23 sistemas de pinturas.

5.6.2 COMPATIBILIDAD ENTRE PINTURAS

Dado que un sistema de pinturas implica generalmente dos o tres capas de pintura existe la posibilidad de que al aplicar una capa (por ejemplo de acabado) sobre la capa preexistente (por ejemplo una capa primaria) reaccionen entre ellas negativamente dando lugar a los problemas de: formación de ampollas, arrugas, levantamientos, sangrado (en la capa superpuesta aparece el color de la capa preexistente o en otros casos aparece una decoloración).

Con el fin de evitar problemas de incompatibilidad se debe considerar:

- Utilizar combinaciones donde no hayan limitaciones de compatibilidad y
- Seguir exactamente las condiciones de aplicación que dicta el fabricante de pinturas quien es el que conoce mejor su producto.

La siguiente tabla, extraída de la tabla del libro de González (4), página 444, es una primera indicación del grado de compatibilidad entre pinturas y debe ser interpretada con cuidado y considerando sus restricciones.

TABLA 5.9

COMPATIBILIDAD ENTRE PINTURAS

	PINTURA DE ACABADO	ALQUÍDICA	ACRÍLICO	EPÓXICA	POLIURETANO ACRÍLICO	POLIURETANO POLIESTER
CAPA PRIMARIA O EXISTENTE **						
ALQUÍDICA		C	C*	NR	NR	NR
ACRÍLICA		C	C	NR	NR	NR
EPOXICA		NR	NR	C*	C*	C*
EPÓXICA RICA EN ZINC		NR	NR	C*	C*	NR
INORGÁNICA DE ZINC		NR	C*	C*	C*	NR
POLIURETANO		NR	NR	C*	C*	C*

Simbología:

C : Normalmente compatible

C* : Compatible siempre y cuando sean especiales las condiciones de preparación de superficie y/o aplicación.

NR : No recomendable a causa de conocidos o sospechados problemas de compatibilidad. Podrían ser compatibles si son especialmente formulados.

5.6.3 SISTEMAS DE PINTURAS CONSIDERADOS PARA SELECCIÓN

Los siguientes sistemas de pintura (mostrados en la Tabla 5.10) han sido escogidos de entre los que plantea la compañía mexicana Nervión S.A. en su página web, considerando sólo aquellos que tienen aplicación en la protección del acero en medios industriales, y que son mayormente utilizadas por compañías peruanas tales como Gratry Perú, Corporación Mara y Tekno. Los códigos de pintura han sido especificados en las tablas 5.3 a 5.9.

TABLA 5.10

CONFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DE SISTEMA	CAPA PRIMARIA		CAPA INTERMEDIA		CAPA DE ACABADO	
	Cód. de Pintura	Espesor (mils)	Cód. de Pintura	Espesor (mils)	Cód. de Pintura	Espesor (mils)
S 1	P 9	3.0	P 16	2.0	P 20	2.0
S 2	P 10	3.0	P 16	2.0	P 20	2.0
S 3	P 6	3.0			P 19	2.0
S 4	P 7	3.0			P 19	2.0
S 5	P 6	3.0			P 20	2.0
S 6	P 7	3.0			P 20	2.0
S 7	P 8	3.0			P 20	2.0
S 8	P 8	3.0			P 19	2.0
S 9	P 1	3.0	P 15	2.0	P 20	2.0
S 10	P 1	3.0	P 15	2.0	P 19	2.0
S 11	P 1	3.0	P 15	2.0	P 22	2.0
S 12	P 2	3.0			P 17	2.0
S 13	P 3	3.0			P 17	2.0
S 14	P 4	3.0			P 17	2.0
S 15	P 5	3.0			P 18	2.0
S 16	P 11	3.0			P 23	2.0
S 17	P 9	3.0			P 21	2.0
S 18	P 12	4.5				
S 19	P 12	2.0				
S 20	P 13	1.5				
S 21	P 14	1.5				
S 22	P 7	2.0			P 23	2.0
S 23	P 24	5.0				

CAPÍTULO VI

SELECCIÓN DE SISTEMA DE PINTURAS

6.1 INTRODUCCIÓN

En la discusión del proceso de recubrimiento de una estructura, la selección de un recubrimiento apropiado es una decisión: a) importante y b) difícil.

a) Es importante porque el recubrimiento:

- Por un lado, debe satisfacer las condiciones específicas bajo las cuales sería utilizado, entre las cuales se menciona:
 - Protección: debe ser la película que proteja el substrato de daños o destrucción producida por el hombre o por elementos naturales como la humedad, la luz solar, los cambios bruscos de temperatura, los vapores químicos o la abrasión.
 - Apariencia y durabilidad, esa delgada película de pintura es la superficie mas visible a los ojos, debe retener su apariencia por muchos años aún cuando permanezca expuesto a estas fuentes de destrucción.
- Por otro lado, determina
 - El tipo y calidad de preparación de la superficie a recubrir ,
 - El método de aplicación del propio recubrimiento.

b) Es difícil debido a las muchas variables involucradas entre las cuales se menciona:

- Tipo de substrato,
- Tipo y calidad de preparación de superficie,
- Tipo de ambiente y clima (de atmósfera rural hasta condiciones industriales complejas, de inmersión a exposición atmosférica),
- Tipos de recubrimientos (desde pintura convencional hasta recubrimientos inorgánicos)

6.2 CRITERIOS GENERALES

Hay que recordar dos puntos claves en la selección de un recubrimiento:

- No hay un recubrimiento universal que pueda ser utilizado para todas las condiciones.
- Toda selección de recubrimientos representa consideraciones para satisfacer todas las variables involucradas. Las propiedades de los componentes del recubrimiento se llevan a un balance para conseguir:
 - Los mejores resultados ante requerimientos específicos
 - Un costo razonable
 - Un estimado tiempo de servicio.

Actualmente, debido a los problemas de corrosión mucho mas complejos , se hacen mucho mas consideraciones para satisfacer las condiciones específicas.

6.3 MÉTODO DE SELECCIÓN: ELIMINACIÓN

Dado que hay muchas propiedades variables de los recubrimientos así como recubrimientos individuales de los cuales se seleccionará uno, es necesario algún método de reducción del número de selecciones.

La elección del recubrimiento correcto para un proyecto de pintado de planta podría describirse mejor como un proceso de eliminación antes que de selección. El ingeniero de planta tiende a empezar por la eliminación de los recubrimientos que requiere mas preparación de superficie que la que es factible. Por ejemplo, un recubrimiento que debe ser aplicado sobre una superficie arenada hasta metal blanco no debe ser considerada a menos que pueda proveerse tal preparación de superficie. Asimismo, los recubrimientos de secado o curado lentos no deben ser considerados cuando el proyecto debe terminarse en un fin de semana. El recubrimiento podría estar sujeto a severas condiciones de servicio antes de ser curado, invitando a fallas prematuras.

TABLA 6.1 EVALUACION DE RECUBRIMIENTOS

RECUBRIMIENTOS	RESISTENTE A										FLEXIBILIDAD	DUREZA	RETOCABLE	ADHERENCIA A METAL	LIMITACION DE COLORES	MINIMA PREPARACION DE SUPERFICIE	ALTO PUNTO DE INFLAMACION	
	ACIDOS	ALCALIS	INMERSION en AGUA	SOLVENTES	HUMEDAD	ABRASION	VETADO	AMPOLLADO	LAVADO	CALOR								
ALTA RESISTENCIA QUÍMICA (Inmersión o salpicaduras y derrames)																		
EPOXICO CATALIZADO																		
POLIESTER EPOXICO																		
POLIURETANO C. Húmedo																		
VINILICO																		
RESISTENCIA QUÍMICA INTERMEDIA (Principalmente salpicaduras y derrames)																		
LATEX químico-resistente																		
CAUCHO CLORADO																		
ESTER EPOXICO																		
FENOLICO M.Aceite																		
EPOXICO ALQUITRAN																		
RESISTENCIA QUÍMICA BAJA (Productos de propósito general)																		
ACEITE (de linaza)																		
ALQUÍDICA																		
LÁTEX para exteriores																		
SILICONA para concreto																		
RECUBRIMIENTOS PARA ALTA TEMPERATURA																		
SILICONA termo-resistente																		
PRODUCTOS ESPECIALES																		
ORGÁNICO rico en ZINC																		
INORGÁNICO rico en ZINC																		

LEYENDA:

 SOBRESALIENTE

 DEFICIENTE

TABLA 6.1 EVALUACION DE RECUBRIMIENTOS (continuación)

RECUBRIMIENTOS	BAJO COSTO	SOLUBLE EN AGUA	ALTO PODER CUBRIENTE	RESISTENTE AL HIELO/DESHIELO	SECADO RÁPIDO	ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS	EXTERIORES				APLICABILIDAD			
							RETENCIÓN DE COLOR	RETENCIÓN DE BRILLO	RESISTENCIA AL TIZADO	DURABILIDAD	RESISTENCIA AL ENVASADO SIMPLE	ALTO ESPESOR	TEMPERATURA DE APLIC. <	LARGO TIEMPO DISPONIBLE
ALTA RESISTENCIA QUÍMICA (Inmersión o salpicaduras y derrames)														
EPOXICO CATALIZADO														
POLIESTER EPOXICO														
POLIURETANO C. Húmedo														
VINILICO														
RESISTENCIA QUÍMICA INTERMEDIA (Principalmente salpicaduras y derrames)														
LATEX químico resistente														
CAUCHO CLORADO														
ESTER EPOXICO														
FENOLICO Modif. Aceite														
EPOXICO ALQUITRÁN														
RESISTENCIA QUÍMICA BAJA (Productos de propósito general)														
ACEITE (de linaza)														
ALQUÍDICA														
LÁTEX para exteriores														
SILICONA para concreto														
RECUBRIMIENTOS PARA ALTA TEMPERATURA														
SILICONA termo-resistente														
PRODUCTOS ESPECIALES														
ORGANICO-ZINC														
INORGANICO-ZINC														

LEYENDA:

 SOBRESALIENTE

 DEFICIENTE

Uno de los procedimientos consiste en listar los recubrimientos genéricos y sus ventajas y limitaciones, como lo muestra la Tabla 6.1. Aunque no es posible seleccionar un recubrimiento simplemente mirando la tabla, ésta provee una guía para la selección de uno, dos o tres recubrimientos los cuales podrían satisfacer los requerimientos para el recubrimiento. Con esta información, mas datos específicos que pueden obtenerse de la literatura, del laboratorio o de las pruebas de campo, se puede tener una base para una selección más definitiva.

6.4 CONSIDERACIONES EN LA SELECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO.

Hay tantos factores a considerar cuando se selecciona un recubrimiento que todos ellos no se pueden listar en relación a la naturaleza específica de uso de cada uno. Sin embargo la Tabla 6.2 proporciona una lista general de consideraciones para la selección del recubrimiento, incluyendo la mayor parte de la información esencial necesaria para el material de recubrimiento apropiado. Alguno de estos puntos se tratarán con más detalle mas adelante.

Una de las preguntas mas importantes, y la primera que debe plantearse concierne al propósito o la razón de la aplicación del recubrimiento.

- ¿Porqué va a utilizarse este recubrimiento?
- ¿Será el recubrimiento para resistir la corrosión?
- ¿Será para resistir las condiciones atmosféricas?
- ¿La condición atmosférica es marina, rural o de otro tipo?
- ¿Se desea que el recubrimiento sea decorativo?
- ¿Se aplicará en una construcción nueva o como recubrimiento para mantenimiento?

Una vez que se han determinado las razones para el recubrimiento, los requerimientos específicos para el recubrimiento pueden ser delineados con más precisión.

TABLA 6.2

CONSIDERACIONES EN LA SELECCIÓN DE RECUBRIMIENTOS

- A. PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO**
 - 1 Resistencia a la abrasión
 - 2 Flexibilidad
 - 3 Retención de color y brillo
 - 4 Rango de temperatura
 - 5 Tiempo de secado
 - 6 Resistencia a los hongos
 - 7 Apariencia (color, brillo, textura, etc.)
 - 8 Resistencia al agua y a combustibles
 - 9 Mojabilidad

- B. NATURALEZA DEL SUSTRATO**
 - 1 Madera
 - 2 Concreto
 - 3 Acero
 - 4 Recubrimiento antiguo

- C. FUNCION BÁSICA DEL RECUBRIMIENTO SOBRE EL SUSTRATO**
 - 1 Control de deterioro (corrosión, intemperie, fuego, etc)
 - 2 Resistente al agua
 - 3 Control de temperatura
 - 4 Marcado
 - 5 Apariencia (color, textura, brillo, etc.)

- D. ACCESIBILIDAD DE TIEMPO, ESPACIO, EQUIPO**
 - 1 Para la preparación de superficie
 - 2 Para la aplicación del recubrimiento

- E. FACTORES AMBIENTALES**
 - 1 Temperatura (valores extremos y variaciones)
 - 2 Humedad (seco, húmedo, inmersión, marina, etc.)
 - 3 Contacto con sustancias químicas (vapores, ácidos, álcalis, solventes, etc.)
 - 4 Radiación solar
 - 5 Problemas biológicos (incrustaciones, hongos, etc)

- F. COSTOS EN EL TIEMPO DE SERVICIO**

Esencialmente, en la vida de una planta o estructura solo hay una vez en que el trabajo de recubrimiento puede realizarse apropiada y económicamente a la vez. Esto ocurre durante la construcción de la planta.

Si en este punto, se realiza una pobre selección de material, debido a una reducción de costos o por ignorancia de las condiciones de operación, el costo de mantenimiento de planta puede ser alto y a la vez continuo durante el tiempo de vida de la planta.

La tabla 6.3 indica los tipos de recubrimientos comunes y sus áreas de uso . Sin embargo esta tabla solo puede servir como una guía, dado que hay diferentes recubrimientos que pueden utilizarse para las mismas condiciones.

6.4.1 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN

Probablemente, el paso mas importante en la selección de un recubrimiento es evaluar las condiciones bajo las cuales debe operar el recubrimiento. Esta evaluación no puede ser superficial, sino que debe tomar en consideración todas las condiciones que puedan existir. Aún los factores pequeños y que parecen irrelevantes debieran tenerse en cuenta. Por ejemplo, se debe considerar la acumulación de contaminantes puesto que un recubrimiento puede resistir muy bien a una sustancia pero una pequeña cantidad de contaminante puede producir un desprendimiento local del recubrimiento y luego se dañará rápidamente el sustrato.

6.4.2 COMPATIBILIDAD

Esta consideración es importante cuando la estructura ya está instalada y el mantenimiento se ha convertido en el asunto principal. Cualquier procedimiento de mantenimiento debe tomar en cuenta el tipo de recubrimiento que esta presente sobre la superficie puesto que el nuevo recubrimiento puede ser completamente

TABLA 6.3

TIPOS COMUNES DE RECUBRIMIENTOS Y AREAS DE USO

AREA DE USO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	AMBIENTE
hierro y acero en exteriores	base aceite alquídico uretano	industrial suave - rural
	fenólico base aceite	industrial suave-alta humedad
	zinc inorgánico vinílico epóxico	industrial corrosivo - clima marino severo
hierro y acero en interiores	alquídico uretano éster epóxico	industrial suave
	vinílico epóxico caucho clorado	vapores corrosivos (ácidos u otros) o salida de polvo
interior de tanques para soluciones	vinílico fenólico epóxico epóxico	salmuera, ácidos diluídos, álcalis
interior de tanques de agua	vinílico epóxico caucho clorado epóxico alquitrán alquitrán astalto	inmersión en agua, alta humedad
interior de tanques de concreto	vinílico epóxico caucho clorado	inmersión en agua, alta humedad
interior de tanques para solventes	zinc inorgánico fenólico epóxico epóxico	inmersión en solventes, vapores, condensados
exteriores de concreto y mampostería enyesada,	cemento acrílico acetato de vinilo	industrial suave
	vinílico epóxico caucho clorado	humedad corrosiva
exteriores de madera	base aceite alquídico	industrial suave y rural
interior de paredes	acrílico alquídico caucho clorado	industrial suave
pisos de madera	alquídico poliuretano	industrial suave
pisos de concreto	éster epóxico poliuretano	industrial suave
	caucho clorado vinílico epóxico	salpicaduras de agua y soluciones diluídas

incompatible con el antiguo, resultando un sistema de recubrimiento insatisfactorio con tendencia a una falla prematura. La selección del recubrimiento se hace más difícil debido principalmente a que en este caso:

- Mayormente no se tiene un registro del recubrimiento antiguo, por lo que se desconoce de que tipo es.
- Aún si se tiene tal registro, el sustrato no es el material base (concreto o acero) sino que ahora el recubrimiento antiguo forma la base y limita las opciones de selección.

Si el recubrimiento antiguo es desconocido, puede realizarse una de las siguientes pruebas:

a) **Ensayo práctico** : se limpia una pequeña parte del área de la superficie que se desea recubrir. Se prepara la superficie como está establecido por el recubrimiento y el tipo y grado de la falla. Luego se aplica el recubrimiento seleccionado a la superficie evaluada. Al hacer esto es posible determinar:

- Si el nuevo recubrimiento va a sacar al antiguo, por ejemplo, haciendo perder su adherencia.
- Si el nuevo recubrimiento es atacado por el antiguo, por ejemplo, la absorción inmediata del nuevo recubrimiento por el antiguo, que a menudo causa pérdida de adherencia, la cual sólo es visible unos días después.
- Si el nuevo recubrimiento pierde completamente su adherencia al antiguo recubrimiento, produciéndose el pelado. Generalmente, esto se puede determinar luego de un razonable período de tiempo después que todas las capas del nuevo recubrimiento se han aplicado, por ejemplo, pasando una noche después del secado.

Esta prueba de aplicación simple, no indica necesariamente el tipo exacto del recubrimiento antiguo. Sin embargo, indica la compatibilidad existente entre el nuevo recubrimiento y el antiguo.

- b) **Ensayo de identificación:** implica realizar análisis químicos instrumentales, por ejemplo en laboratorios con equipos de infrarrojo.

6.4.3 EL SUSTRATO

Uno de los primeros puntos que deben ser considerados es si el recubrimiento será utilizado sobre superficies nuevas o sobre superficies ya recubiertas.

Si la superficie es nueva tal como una planta nueva que no ha sido expuesta a serias condiciones de corrosión ,se presenta una inigualable oportunidad para la selección del recubrimiento. Se debería hacer todos los esfuerzos para tomar ventaja de esta primera oportunidad de empezar con una superficie nueva, limpia, incontaminada capaz de ser preparada apropiadamente.

La mejor oportunidad para recubrir apropiadamente una estructura donde se involucren condiciones corrosivas es cuando la estructura es nueva, incontaminada, y el trabajo de aplicación puede ser realizado bajo condiciones apropiadas de modo tal que pueda obtenerse el máximo beneficio del recubrimiento.

Los principales sustratos son:

- acero,
- hierro fundido,
- metal galvanizado,
- aluminio y
- concreto

El sustrato debe considerarse según sea el caso:

- a) **estructura antigua:** en el caso que un recubrimiento nuevo se va a aplicar sobre uno antiguo, mayormente el sustrato está expuesto y corroído, por lo que generalmente es poco importante si el recubrimiento antiguo es continuo ó quebrado, si mantiene fuerte adherencia, o requiere sólo adicionar espesor

para un mayor tiempo de vida, puesto que raramente existen estas condiciones. La naturaleza del sustrato es muy importante para reparar el recubrimiento existente.

El nuevo recubrimiento debe ser compatible con:

- el recubrimiento antiguo,
- el sustrato y
- la corrosión del sustrato.

Cada sustrato se corroe en diferente forma y cada uno debe ser tratado en diferente manera a fin de obtener el apropiado recubrimiento de reparación.

- b) **estructura nueva:** el sustrato es igualmente importante. Sin embargo, el problema de seleccionar un recubrimiento para una superficie nueva es menos complicado que para una antigua. El sustrato es una de las condiciones a las que se debe dar seria consideración durante la selección de cualquier recubrimiento para un ambiente corrosivo

La Tabla 6.4 lista alguno de los sustratos comunes junto a los recubrimientos que pueden aplicarse.

6.4.4 EL AMBIENTE (GEOGRÁFICO-CLIMÁTICO)

El ambiente es una parte extremadamente importante en la selección de recubrimientos.

Es muy diferente si el ambiente es

- seco ó húmedo,
- rural, industrial, industrial pesado o marino,
- interior o exterior,
- con mayor o menor temperatura,
- con mayor o menor radiación solar.

El ambiente en una zona rural es mucho menos severo que en una zona marina. Pero a pesar de esto, también hay dificultades en una zona rural.

TABLA 6.4

TIPOS COMUNES DE RECUBRIMIENTOS UTILIZADOS SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS

SUSTRATO	PINTURA	COMENTARIOS
Interiores de madera	Base aceite	Generalmente de secado lento y relativamente suave.
	Alquídico	Puede ser suave o duro
	Látex (vinílico o acrílico)	Puede aplicarse sobre primario de aceite, alquídico o látex
Exteriores de madera	Base aceite	Buena humectación en madera aireada y tiza, secado lento, suave
	Alquídico	Buena humectación, las variaciones dan variedad de propiedades
	Alquídico de silicona	Buena humectación, buen brillo.
	Látex (vinílico o acrílico)	Pobre humectación en madera aireada y tiza, fácil de aplicar.
Interiores de concreto, superficies de yeso y bloques para pared	Látex acrílico	Fácil de aplicar con brocha sobre superficies ásperas, retirar la tiza suelta.
	Látex vinílico	Lo mismo que el látex acrílico.
	Caucho clorado	Buena para servicio a prueba de agua
Exteriores de concreto y mampostería	Látex acrílico	Se reducirá la penetración de agua al llenar capas de este material
	Látex (vinílico o acrílico)	Lo mismo que el látex acrílico.
	Caucho clorado	Buena para servicio a prueba de agua
	Vinílico	Para concreto en condiciones muy corrosivas.
Interiores de hierro y acero	Alquídico	Nunca en ambientes continuamente húmedos o para inmersión.
	Vinílico	Buena resistencia al agua, pobre resistencia a solventes fuertes.
	Epóxico	Buena duración y resistencia química
	Uretano	Buena duración y resistencia química
Exteriores de hierro y acero	Base aceite	Sólo para ambientes suaves
	Alquídico	Sólo para ambientes suaves
	Alquídico de silicona	Sólo para ambientes suaves, buen brillo
	Inorgánico rico en zinc	Buena resistencia a la abrasión, sin acabado tiene poca duración en agua de mar
	Vinílico	Buena duración, fácil de retocar.
	Epóxico	Buena duración y resistencia química, pero produce tizado con la luz solar.
	Uretano	El tipo alifático aplicado sobre primario epóxico tiene buena resistencia a la intemperie.

La atmósfera de una planta ubicada en una zona de alta temperatura es generalmente más corrosiva que las que se ubican en zonas frías y con menos luz solar. Los recubrimientos epóxicos se tizarían fácilmente en las zonas calientes y más expuestas al sol.

Las atmósferas industriales pueden tener diferentes cantidades de componentes químicos además de las condiciones atmosféricas en la misma zona.

Las condiciones corrosivas marinas son generalmente las mismas alrededor del mundo, con excepción de las zonas que están en la parte sur del hemisferio norte, las cuales son generalmente más corrosivas debido a la mayor temperatura y la mayor reactividad del proceso de corrosión en razón de la temperatura (el ambiente es más importante en recubrimientos para exteriores que para interiores).

6.4.5 PROBLEMAS DEL SUELO

Hay muchos recubrimientos protectores que son utilizados para recubrir tuberías en condiciones subterráneas y submarinas.

Tratándose de la primera situación, el tipo de suelo es importante en cualquier instalación subterránea. Pueden ocurrir daños en el recubrimiento por:

- el movimiento de la tierra causado por la dilatación y contracción del suelo debido a humedecimientos y secados periódicos.
- la penetración de piedras, relleno inapropiado,
- la manipulación e instalación.

Cualquier recubrimiento seleccionado para condiciones bajo tierra debe tener propiedades:

- que resistan los problemas físicos involucrados con la instalación de la tubería,
y
- los problemas de corrosión encontrados en las condiciones de los suelos.

6.4.6 SUPERFICIES INTERNAS / EXTERNAS

Hay un número de factores que tienen influencia en la selección de un recubrimiento según sea el caso de:

a) Recubrimientos para Interiores y revestimientos (internos) para tanques:

- La radiación solar y la erosión tienen poco efecto, por lo cual no necesita estar diseñado para exposición atmosférica exterior (la resistencia a la radiación y a la erosión pasa a segundo plano)
- Si hay vapores, condensación, humedad y derrames que afectan, los recubrimientos deben ser pigmentados para resistir estas condiciones, en caso contrario pueden ser recubrimientos claros (de poca pigmentación).
- En revestimientos para tanques, sus propiedades específicas deben estar en relación con las soluciones o productos químicos específicos contenidos, según que se desee:
 - Proteger la superficie del tanque del ataque del material contenido,
 - Proteger el material contenido de la contaminación del tanque, o
 - Ambas.

b) Recubrimiento para Exteriores:

- La radiación solar y la erosión afectan fuertemente, por lo cual necesita estar desarrollado o diseñado para estas condiciones.
- Debe contener pigmentos y resinas especialmente resistentes al tizado,

Un recubrimiento para interiores utilizado en el exterior de una planta y en esencia a las mismas condiciones químicas, no será satisfactorio debido a la rápida degradación causada por la radiación solar. Por ejemplo, un éster epóxico podría ser un excelente recubrimiento para equipos interiores de una planta que está expuesta a condiciones química intermedias, pero aplicado en exteriores se degradará rápidamente por la radiación solar.

6.4.7 CONDICIONES CORROSIVAS

Una de las primeras consideraciones para la selección del recubrimiento debe ser la condición corrosiva principal que existe o contra la cual debe proteger el recubrimiento. Esencialmente, hay tres condiciones corrosivas que afectan a los recubrimientos:

a) Vapores: Por lo general, las condiciones en el área de vapores son menos considerables que aquellas donde hubiese salpicaduras, derrames o goteos en tuberías y bombas y mayormente no requieren espesor especial de recubrimiento sino que la película sea continua.

- Si los vapores son ácidos (como aquellos de una planta de galvanizado o de una sección de decapado con ácido sulfúrico), sería necesario que el recubrimiento tenga una fuerte resistencia a las condiciones ácidas, a la condensación o precipitación de los vapores ácidos sobre la superficie del recubrimiento
- Si además hay altos contenidos de humedad (como en los ejemplos mencionados) estos podrían tener una considerable influencia en la condición corrosiva general .

b) Salpicaduras y derrames: en este caso y en condiciones líquidas similares, podría ser necesario que el recubrimiento tenga:

- Mejores propiedades físicas y
- Mayor espesor general

Esto es, comparado con el caso en que sólo hay vapores.

c) Inmersión: Un recubrimiento para servicio de inmersión total en el material corrosivo es especial porque debe tener las siguientes características:

- Una adherencia sobresaliente
- Una excelente resistencia específica al producto en el cual está inmerso.

Por otro lado, es necesario conocer:

- La concentración del producto en la solución y su efecto:
 - Efecto inverso: A mayor concentración, menor corrosividad. Por ejemplo, una solución cáustica al 10% puede ser mas difícil que una solución al 50% a 150°F. La solución al 10% podría permitir que algo de vapor húmedo ingrese al recubrimiento y cause ampollado, mientras que una solución al 50% es lo suficientemente higroscópico que podría tener una tendencia a remover toda la humedad que pudiera estar en el recubrimiento y de esta manera reducir la tendencia al ampollado. Esto ha sido demostrado en condiciones reales de servicio.
 - Efecto directo: A mayor concentración, mayor corrosividad. Por ejemplo, en el caso de ácidos volátiles, tales como el ácido clorhídrico, a mayor concentración, mayor tendencia a penetrar en el recubrimiento.
- La temperatura del líquido
- Efectos secundarios. La formación de productos de descomposición o de fermentación del líquido original, que ataquen el recubrimiento

6.4.8 CONTAMINACION DEL PRODUCTO.

Para la selección de recubrimientos en tanques, una de las consideraciones debe ser la contaminación del producto contenido producida por:

- El recubrimiento, y/o
- Por el sustrato.

En muchos casos, la primera razón para utilizar un recubrimiento es prevenir la contaminación del líquido contenido. Por lo tanto, el recubrimiento debiera evaluarse desde los siguientes puntos de vista:

- Que no contamine el producto contenido: por ejemplo, si es un tanque de azúcar refinada o glucosa, la cual luego podría utilizarse en productos alimenticios sensitivos, cualquier sabor transferido u otra contaminación a la solución de azúcar causaría serios problemas en el producto final. Podría ocurrir una seria contaminación del azúcar si el recubrimiento:

- Transmite un olor o sabor inapropiados,
 - No fue completamente curado, o
 - No estuvo completamente libre de solventes,
- Que resista al líquido mismo: Un ejemplo es seleccionar un recubrimiento para un tanque de azúcar líquida. Si el azúcar líquida es azúcar cruda y que más adelante será refinada, entonces el revestimiento en el tanque requiere solamente resistencia a la solución de azúcar a fin de proteger el tanque.

6.4.9 CURADO DEL RECUBRIMIENTO.

También es una consideración importante en la selección de un material para el revestimiento de un tanque, el curado del recubrimiento utilizado en el revestimiento.

En relación a la temperatura de curado , se pueden considerar dos casos:

- Curados a alta temperatura: si se van a utilizar revestimientos curados a altas temperaturas, el tanque debe estar diseñado de tal manera que pueda obtenerse la temperatura apropiada sobre toda el área recubierta
- Curados a temperatura ambiente: Donde existen condiciones tales que no se puede obtener altas temperaturas, debiera seleccionarse un recubrimiento de curado a menor temperatura aunque el tiempo de curado sea mas largo, a fin de desarrollar igual resistencia en todo el área del tanque.

Han habido muchas fallas experimentadas donde los tanques estaban diseñados de tal modo que habían secciones frías en el tanque. Hay áreas donde el tanque no podría estar apropiadamente aislado o donde los soportes o áreas reforzadas actúan como un sumidero (desfogue) de calor y nunca podrían ser llevadas a las temperaturas apropiadas de curado. El revestimiento curado pobremente en tales puntos, fallaron al estar poco tiempo en servicio.

6.4.10 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Otro factor en la selección de un recubrimiento es el grado de preparación de superficie factible. Se pueden presentar los siguientes casos:

- Se disponga de la mejor preparación de superficie. Esto ocurrirá en las siguientes situaciones:
 - Construcciones nuevas (que aún no están en servicio)
 - Exteriores de plantas en operación,
 - Interior de una planta operando, en la que es factible una parada de planta total o parcial y no hay equipos o productos o reactivos involucrados sensibles
- No sea posible una buena preparación de superficie. Esto ocurriría cuando no se tenga las situaciones anteriores.

Según sea el caso, se tendrá que:

- Si se dispone de la mejor preparación de superficie, entonces no hay mayor limitación en la selección del recubrimiento por este factor,
- Si no es posible una buena preparación de superficie, entonces se aplicaría un recubrimiento que pueda tolerar menor preparación de superficie. Así, debiera seleccionarse un recubrimiento que pueda proveer razonable resistencia y a la vez adherencia sobre una superficie limpiada a mano. Sin embargo, esto debe realizarse en el caso en el que el recubrimiento pudiera tener una vida más corta y pudiera requerir mantenimiento continuo a fin de proporcionar la necesaria protección de la corrosión.

La Tabla 6.5 muestra la mínima preparación de superficie recomendada para un número de tipos genéricos de recubrimientos. Para el caso en que no sea posible una buena preparación de superficie, el recubrimiento seleccionado podría ser un barniz éster epóxico o el caucho clorado, debido a que toleran niveles inferiores a la mejor preparación de superficie.

TABLA 6.5

GUIA DE COMPARACIÓN DE RECUBRIMIENTOS Y SU PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

PINTURA	MÍNIMA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE
Laca acrílica	Normalmente se utiliza como capa de acabado
Barniz alquídico	Tolera la limpieza manual o con herramienta de potencia
Bituminoso diluído	Arenado o granallado comercial
Emulsión bituminosa	Arenado o granallado comercial
Caucho clorado	Arenado o granallado comercial. Tolera limpieza manual o con herramienta de potencia. Metal blanco para inmersión.
Barniz epoxi éster	Arenado o granallado comercial. Tolera la limpieza manual o con herramienta de potencia
Epoxi amina (2 partes)	Arenado o granallado comercial. Cerca de arenado al blanco para inmersión.
Epoxi poliamida (2 partes)	Arenado o granallado comercial. Cerca de arenado al blanco para inmersión.
Látex (base acuosa)	Arenado o granallado comercial (latex acrílico). Usualmente se utiliza como capa de acabado
Base aceite	Tolera la limpieza manual o con herramienta de potencia
Barniz fenólico	Arenado o granallado comercial. (Tolera la limpieza manual o con herramienta eléctrica)
Epoxi poliéster	Normalmente se utiliza como capa de acabado
Poliuretano (modificado con aceite)	Normalmente se utiliza como capa de acabado
Uretano (curado húmedo)	Normalmente no se utiliza sobre acero.
Uretano (2 partes)	Normalmente se utiliza como capa de acabado
Laca vinílica	Arenado o granallado hasta metal blanco. Normalmente se utiliza como capa de acabado
Inorgánico rico en zinc	Arenado o granallado comercial. Arenado al blanco para inmersión.
Orgánico rico en zinc	Arenado o granallado comercial. Arenado al blanco para inmersión.

6.4.11 TIEMPO

Otro factor involucrado en la selección de un recubrimiento es el periodo de tiempo disponible para el trabajo de aplicación del recubrimiento. Si se da el caso que:

- Es una planta nueva (o sea que aun no está en servicio), entonces el tiempo no es un gran problema, puesto que generalmente está planificado en los trabajos de construcción.
- Es una planta en operación, entonces, la aplicación de un recubrimiento puede ser un problema, puesto que la aplicación debe ser implementada:
 - durante el periodo de parada de planta,
 - incluida entre las operaciones de planta o
 - completada durante un fin de semana.

Si es una aplicación exterior, el clima también es un factor extremadamente importante durante la aplicación

- Si tuvo que realizarse durante una época seca y caliente del año, podría seleccionarse un determinado sistema de recubrimiento,
- Si fue realizada en una época húmeda y fría del año, otro podría ser preferible.

Normalmente, cualquier recubrimiento debiera secar y curar rápidamente. También hay otros problemas de aplicación relacionados con el tiempo. Estas podrían ser cosas tales como las siguientes:

- El viento,
- El polvo,
- Altas temperaturas,
- Demoliciones de plantas adyacentes,
- Condensación de humedad, y
- Dificultades similares.

Por ejemplo, si un recubrimiento de zinc inorgánico de base solvente es aplicado en el otoño y en la tarde, en una zona marina donde la humedad cambia lo suficiente, tal que condense humedad poco después que el recubrimiento haya sido aplicado, puede resultar en un rápido curado del recubrimiento debido a la humedad presente en la superficie. El recubrimiento se cuarteo y quiebra en casi toda la superficie. Este problema podría no ocurrir si el recubrimiento es aplicado durante el medio día o en alguna época más tibia y menos húmeda del año.

6.4.12 SEGURIDAD

Otra consideración en la selección de un recubrimiento son los problemas de seguridad que puedan encontrarse. Éstos varían de recubrimiento a recubrimiento en dos aspectos:

- Su composición
- El tipo de aplicación

Por ejemplo, los recubrimientos que contienen solventes (orgánicos) crean posibles condiciones peligrosas, tales como:

- Explosión,
- Incendio,
- Contacto personal con los solventes o sus vapores.

Las acciones preventivas a implementarse serían:

- Los peligros de explosión e incendio se evitan con una apropiada ventilación a fin de mantener el volumen de vapor de solvente en el aire a una concentración menor al 1% (puesto que el límite de explosión de la mayoría de solventes está muy por encima del 1%).
- El peligro del contacto personal con solventes puede evitarse mediante el uso de ropas y máscaras apropiadas.

6.4.13 EXPERIENCIA PREVIA

La experiencia con un recubrimiento es un excelente criterio para la selección de dicho recubrimiento. Así, puede ocurrir que:

- Si se ha tenido una buena experiencia con el recubrimiento y las condiciones son razonablemente similares, entonces esta experiencia presta confianza para seleccionarlo,
- Si el recubrimiento no se ha desempeñado satisfactoriamente, entonces ciertamente es una razón para eliminar la posibilidad de considerarlo.

Por otro lado, para que la experiencia previa con un recubrimiento sea óptima en la selección de un recubrimiento debiera:

- Ser personal, y no basada en rumores de alguien sino en el campo: cuando se realiza una selección crítica se sugieren las inspecciones personales de instalaciones recubiertas ya existentes.
- Estar basada en información del personal de ventas del recubrimiento: aún cuando dos aplicaciones nunca son idénticas, y por lo tanto, una aplicación de recubrimiento en una planta puede ser considerablemente diferente en otra, no obstante, la experiencia de los vendedores en la aplicación y uso de sus recubrimientos suministra importante información que debiera tomarse en consideración. Ellos están íntimamente familiarizados con las características de aplicación y desempeño de sus líneas de productos.
- Estar seguida por la evaluación del desempeño del recubrimiento bajo las condiciones reales de operación,

Sin embargo, esto no siempre es posible, y los reportes externos y las evaluaciones de terceros puede ser la mejor información disponible

En todo caso, en la selección de un buen recubrimiento debiera darse buena consideración a una información bien documentada sobre la vida de un

recubrimiento en condiciones similares. Se recomienda obtener la siguiente información de cada producto-propietario:

- Resistencia a los productos químicos corrosivos.
- Tiempo estimado de vida y ciclos de repintado.
- Contenido de sólidos en volumen.
- Rendimiento (area y espesor por galón)
- Espesor de película por capa
- Area pintada por galón
- Costo total del sistema aplicado
- Costo por pie cuadrado y año de servicio
- Nombres y direcciones de usuarios con similares condiciones de exposición a los proyectos de planta expuestos.
- Facilidad de reparación de áreas dañadas.
- Preparación de superficie recomendada.
- Tiempo de secado y tiempo de curado.
- Facilidad de aplicación.

Cada uno de los recubrimientos considerados debieran ser comparados punto por punto en estas categorías.

6.4.14 COSTO DE LAS PINTURAS

No hay duda que el costo es un factor importante en la selección de sistemas de pinturas. Bajo algunas circunstancias, puede ser el único factor, sin embargo, en la mayoría de casos se debiera considerar que:

- Los costos de recubrimiento son menos importantes que las propiedades de los recubrimientos que proporcionan las bases para una protección efectiva del recubrimiento y a largo plazo.
- Los costos de recubrimiento debieran ser tomados en consideración una vez que ha sido seleccionado el recubrimiento o los recubrimientos que sobrellevarán satisfactoriamente los problemas de corrosión para los cuales serán utilizados. Así, durante el proceso de selección, tal vez dos o tres

recubrimientos puedan tener todas las calificaciones necesarias, entonces el costo podría entrar en el cuadro para determinar cual de los recubrimientos que satisfacen enteramente las condiciones involucradas será la opción más económica.

En tal sentido, se ha establecido que el apropiado sistema de control de la corrosión es el sistema que cumple lo siguiente:

- Retiene las cualidades de la estructura necesarias para cumplir los objetivos de estética, seguridad, y desempeño por todo el tiempo de servicio de dicha estructura.
- Tiene el menor costo.

La clave para esta declaración es la retención de las cualidades de la estructura necesarias para cumplir los objetivos, y si un recubrimiento no hace esto, por cualquier razón que sea, el costo viene a ser secundario.

Las consecuencias de seleccionar un sistema de recubrimiento de segunda calificación y aplicarlo sobre una superficie con menor preparación que la recomendada, podrían ser:

- Producir considerables pérdidas a la compañía debido al continuo y costoso mantenimiento requerido para proteger la estructura de la corrosión
- Llegar al punto de convertirse en un peligro de seguridad.

Realmente, el costo de un recubrimiento es la parte mas pequeña del costo del material total aplicado. Así, hay muy poca diferencia de costo entre un recubrimiento barato y menos efectivo con relación al mejor recubrimiento disponible. La diferencia, la cual significa una pequeña parte del trabajo total, es solamente la necesaria para asegurar bien la adecuada protección de la estructura que se recubre.

Los estudios de costos pueden ir desde ser simples hasta complicados según que se quiera presentar una comparación mas precisa de los costos.

El costo por pie cuadrado por año es una manera común de comparar recubrimientos y resulta efectivo. Para este cálculo, en el ANEXO 5 se indica el tiempo de servicio aproximados de los sistemas de pintura genéricos y en el

ANEXO 6 se tiene los precios promedio de las pinturas en nuestro país y en el ANEXO 7 se muestra un ejemplo del cálculo del costo de pintura por unidad de área

6.4.15 PROPIEDADES DE LAS PINTURAS

Las propiedades mismas de los recubrimientos son algunas de las mas importantes consideraciones en la selección de recubrimientos. Sin embargo, esta información no debiera ser la única a utilizarse para hacer la decisión final en cuanto a qué recubrimiento seleccionar en algún trabajo específico. La secuencia debiera ser así:

- determinar qué tipo genérico de recubrimiento necesita utilizarse, luego,
- comparar los diferentes recubrimientos pertenecientes a dicho tipo genérico.

Sin esta última comparación es difícil hacer una apropiada selección del recubrimiento.

6.4.16 COMPARACIONES DE PINTURAS GENÉRICAS

Hay cientos de formulaciones diferentes para cualquier tipo genérico de recubrimiento específico. Esto se origina porque:

- Algunos fabricantes toman una formulación estándar publicada ya sea en una especificación gubernamental o por un proveedor y fabrica el recubrimiento de acuerdo a aquel estándar.
- Otros fabricantes utilizan aquellos estándares como punto de partida y luego pasan considerable tiempo de investigación para determinar la mejor combinación de ingredientes con el tipo de material genérico a fin de que realice el mejor trabajo, por ejemplo:
 - Pueden añadir pigmentos de refuerzo al recubrimiento para impartir resistencia,

- Pueden añadir pigmentos laminares como la mica, para reducir la velocidad de transporte del vapor de humedad,
- Pueden añadir pigmentos específicos para mejorar tanto la aplicabilidad y la resistencia del recubrimiento.

Dado que hay diferencias sustanciales para un mismo tipo de recubrimiento genérico, es necesario hacer la evaluación individual de cada recubrimiento aun cuando se supone que han sido producidos para exposiciones similares. El ensayo comparativo es la única vía para seleccionar el mejor de ellos.

6.4.17 ENSAYOS COMPARATIVOS

El mejor método para seleccionar un recubrimiento para un propósito específico, después de determinar las características necesarias, es hacer ensayos comparativos tanto :

- En el laboratorio, y
- En las condiciones reales de trabajo.

Aunque este procedimiento es algo costoso y requiere el tiempo de algún personal técnico, donde una larga aplicación de trabajo está involucrada, fácilmente puede ahorrar varias veces el costo original del recubrimiento antes que el trabajo se complete o durante la vida del recubrimiento.

Comparando ambos métodos se tiene que:

- Los ensayos de laboratorio son los más rápidos y fáciles de efectuar, sin embargo, pueden ser menos definitivos.
- Los ensayos de recubrimientos bajo condiciones reales de operación son generalmente mas lentos, pero es la manera más efectiva de comparar el comportamiento de un recubrimiento con otro.

A) ENSAYOS DE CAMPO. Donde hay muchas variables involucradas es preferible ensayar los recubrimientos bajo las condiciones reales de exposición.

Con poca inversión, pueden instalarse pequeños bastidores de ensayo en planta que permitan sostener sólo unos cuantos paneles.

Es de práctica común la evaluación de recubrimientos bajo condiciones marinas. Los paneles pueden exponerse a una atmósfera marina, condiciones de inmersión marina donde los paneles son colocados en zonas de marea o en reales condiciones de inmersión total.

Muchas compañías individuales también mantienen estaciones privadas de evaluación de paneles en sus plantas en áreas particularmente corrosivas. Tales áreas de evaluación hacen una fácil comparación a costos relativamente bajos. Una vez que la preparación del panel (la cual significa su más alto costo) ha sido completada, la evaluación real es sólo cuestión de tiempo. La selección de un recubrimiento sobre la base de tales ensayos, puede ser completamente definitiva con resultados razonablemente predecibles para aplicaciones en gran escala.

En un ensayo para la evaluación comparativa de dos recubrimientos ricos en zinc bajo condiciones de operación de planta ambos paneles fueron marcados con punzones en el centro en forma equivalente. Este ensayo fue de duración relativamente corta (unas pocas semanas), y ya había una marcada diferencia en la protección proporcionada por los dos recubrimientos.

B) ENSAYOS DE LABORATORIO. Los ensayos de laboratorio también pueden proporcionar algunos interesantes resultados comparativos.

Hay ensayos de laboratorio que pueden utilizarse esencialmente para realizar descartes en el proceso de indicar que recubrimiento puede ser más efectivo en un propósito particular.

Los ensayos de laboratorio pueden ser completamente valiosos en la determinación de un recubrimiento apropiado para un área donde hay sólo un factor de corrosión o contaminación involucrado. Por ejemplo, un ensayo de laboratorio puede ser definitivo cuando se comparan varios recubrimientos para una exposición en una solución de hidróxido de sodio al 50%

a 180 °C. Este tipo de exposición puede ser fácilmente duplicada en el laboratorio. Hay muchos tipos similares de exposiciones donde los ensayos de laboratorio pueden ser igualmente efectivos.

Sin embargo, hay una gran cantidad de exposiciones que incluyen un número de variables, por ejemplo, corrosión atmosférica en una planta. En casos como este, los ensayos de laboratorio, a lo más sólo pueden hacer comparaciones entre los materiales o recubrimientos que se están evaluando, y son sólo indicadores de la resistencia de los diferentes materiales a la real exposición en planta.

Varias organizaciones han establecido estándares y métodos para la evaluación de recubrimientos en el laboratorio. El estándar NACE (National Association of Corrosion Engineers) TM-01-74, "Métodos de laboratorio para la evaluación de recubrimientos protectores utilizados en materiales de revestimiento para servicio de inmersión", perfila varios métodos de ensayos comparativos para diferenciar entre materiales de recubrimiento. La institución norteamericana "American Society for Testing and Materiales" es decir, la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), también tiene un número de ensayos estándares para comparar los materiales de recubrimiento para varios propósitos.

En el ANEXO 4 se tiene un listado de los ensayos más utilizados para estos fines.

6.5 RESUMEN DE LAS CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PINTURAS

Hay muchos métodos para la selección de pinturas para un uso particular. Algunos de los más comunes son:

- Seleccionar una pintura basándose en el costo. Esto no es recomendable.
- Seleccionar pinturas a partir de una cartilla general de pinturas. Esta cartilla proporciona información sobre las propiedades generales de las pinturas.
- Comparar la literatura (catálogos) sobre las pinturas de diferentes fabricantes. Esto proporciona información sobre las pinturas disponibles.
- Solicitar información sobre pinturas a diferentes vendedores del rubro. Esto también proporciona información sobre las pinturas disponibles.

- Hacer ensayos comparativos de laboratorio con las pinturas de diferentes fabricantes. Esto proporciona información específica sobre la resistencia de las pinturas.
- Obtener una recomendación (sobre las pinturas adecuadas) del proveedor con la mejor reputación en el campo. Esto proporciona una fuente de información basada en la experiencia.
- Hacer la selección de pinturas a partir de ensayos de campo. Esto indica cual es el mejor recubrimiento de los ensayados.
- Seleccionar un recubrimiento basado en la experiencia personal. Esto puede ser el mejor criterio si la experiencia es similar a la exposición de la pintura propuesta.

Todos estos métodos de selección de pinturas están ordenados de menor a mayor valor. Realmente el mejor procedimiento es utilizar todos los métodos, combinando la información desarrollada. El asunto del costo del recubrimiento sólo debiera ser considerado después que todos los otros métodos de selección han sido considerados. Si se sigue este procedimiento se podrá realizar una buena selección de la pintura casi para cualquier tipo de ambiente.

6.6 ASIGNACIÓN DE ATRIBUTOS A LOS SISTEMAS DE PINTURAS EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LAS PINTURAS

Las 23 tablas que se presentan a continuación (que en realidad son 46 si consideramos que cada una tiene parte A y parte B) describen los 23 sistemas de pintura considerados para el proceso de selección y también muestran los atributos que adquieren en función de las propiedades de las pinturas mencionadas en las tablas 5.1 a 5.10 (mostradas en el capítulo V).

La tabla 6.29 es una tabla resumen que presenta en una sola hoja los atributos de los 23 sistemas de pintura (presentados previamente en las 23 tablas).

TABLA 6. 6 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCION DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 1	PRIMARIA	P9	3	Poliuretano	curado húmedo	zinc
	INTERMEDIA	P16	2	Poliuretano	curado húmedo	aluminio
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

TABLA 6. 6 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5. 2) luz y corrosión (tabla 5. 5). Pigmentos de barrera	Exterior industrial	A 1	si
El poliuretano de curado húmedo no formará una buena base en ausencia de humedad.	Exterior industrial seco	A 2	no
El zinc y el poliuretano de curado húmedo ofrecen buena resistencia al agua (tabla 5. 2)	Alta humedad (inmersión)	A 3	si
Los poliuretanos en general tienen regular resistencia a los ácidos y álcalis (tabla 5. 2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los poliuretanos en general tienen buena o excelente resistencia a la abrasión (tabla 5. 2)	Abrasión	A 5	si
Los poliuretanos en general resisten temperaturas máximas de 90 a 120°C (tabla 5. 5)	Alta temperatura	A 6	no
Los poliuretanos en general tienen buena resistencia a los solventes (tablas 5. 2 y 5. 7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

La protección catódica se aplica al acero	Acero	M 1	si
Tiene baja adherencia con la superficie de zinc	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

No permite buen contacto eléctrico	Manual	L 1	no
Promueve la adherencia y la protección catódica.	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5. 6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.7 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 2	PRIMARIA	P10	3	Poliuretano	curado húmedo	aluminio
	INTERMEDIA	P16	2	Poliuretano	curado húmedo	aluminio
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

TABLA 6.7 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2) luz y corrosión (tabla 5.5). Pigmentos de barrera	Exterior industrial marino	A 1	si
El poliuretano de curado húmedo no formará una buena base en ausencia de humedad.	Exterior industrial seco	A 2	no
El poliuretano de Cur.Hum. ofrece buena resistencia al agua (tabla 5.2) pero no con limpieza manual	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los poliuretanos en general tienen regular resistencia a los ácidos y álcalis (tabla 5.2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los poliuretanos en general tienen buena o excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.2)	Abrasión	A 5	si
Los poliuretanos en general resisten temperaturas máximas de 90 a 120°C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
Los poliuretanos en general tienen buena resistencia a los solventes (tablas 5.2 y 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

	Acero	M 1	si
Tiene baja adherencia con la superficie de zinc	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El aluminio permite menor preparación de superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.8 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 3	PRIMARIA	P6	3	Epoxi	aducto amina	minio
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P19	2	Epoxi	aducto amina	de color

TABLA 6.8 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente ante la salinidad y el agua (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
El acabado es excelente ante la salinidad (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial seco	A 2	si
Para inmersión, los epoxi aducto amina son superados por los epoxi poliamida (tabla 5.1)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los epoxi aducto amina son buenos en su resistencia a los ácidos y a los álcalis, sólo salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los epoxi aducto amina entre buena y excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
Los epoxi aducto amina no resisten temperaturas mayores a 85 °C.	Alta temperatura	A 6	no
Los epoxi aducto amina tienen excelente resistencia a los disolventes orgánicos.	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El minio es adecuado como inhibidor para el acero	Acero	M 1	si
Para el zinc lo más adecuado es el cromato de zinc	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El minio actúa bien como inhibidor aun con una limpieza manual de la superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos en general no tienen buen brillo.	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.9 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 4	PRIMARIA	P7	3	Epoxi	aducto amina	cromato
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P19	2	Epoxi	aducto amina	de color

TABLA 6.9 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente ante la salinidad y el agua (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
El acabado es excelente ante la salinidad (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial seco	A 2	si
Para inmersión, los epoxi aducto amina son superados por los epoxi poliamida (tabla 5.1)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los epoxi aducto amina son buenos en su resistencia a los ácidos y a los álcalis, sólo salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los epoxi aducto amina entre buena y excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
Los epoxi aducto amina no resisten temperaturas mayores a 85 °C.	Alta temperatura	A 6	no
Los epoxi aducto amina tienen excelente resistencia a los disolventes orgánicos.	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El minio es adecuado como inhibidor para el acero.	Acero	M 1	no
Para el zinc lo más adecuado es el cromato de zinc	A. galvanizado	M 2	si

Respecto a tipo de preparación de superficie

El cromato de zinc actúa bien como inhibidor aun con limpieza manual de la superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos en general no tienen buen brillo.	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.10 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 5	PRIMARIA	P6	3	Epoxi	aducto amina	minio
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

TABLA 6.10 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2), luz y corrosión (tabla 5.5). Pigmentos de barrera	Exterior industrial	A 1	si
Ninguna de las dos resinas necesita de la humedad para su curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
Ninguna de las dos resinas resiste bien la inmersión, menos aún si tienen un pigmento.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los poliuretanos en general tienen regular resistencia a los ácidos y a los álcalis (tabla 5.2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
El acabado de poliuretano tiene excelente resistencia a la abrasión	Abrasión	A 5	si
Las resinas orgánicas epóxicas y de poliuretano, no resisten temperaturas mayores a los 120°	Alta temperatura	A 6	no
El acabado de poliuretano alifático tiene buena resistencia a los solventes (tabla 5.2)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El minio es el inhibidor adecuado para el acero.	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El minio actúa bien como inhibidor aún con limpieza manual de la superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.11 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE	RESINA		PIGMENTO
			SOR (mils)	TIPO	SUB-TIPO	
S 6	PRIMARIA	P7	3	Epoxi	aducto amina	cromato
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

CUADRO 6.11 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2) luz y corrosión (tabla 5.5). Pigmento inhibidor	Exterior industrial	A 1	si
Ninguna de las dos resinas necesita de la humedad para su curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
Ninguna de las dos resinas resiste bien la inmersión, menos aún si tienen un pigmento.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los poliuretanos en general tienen regular resistencia a los ácidos y a los álcalis (tabla 5.2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
El acabado de poliuretano tiene excelente resistencia a la abrasión	Abrasión	A 5	si
Las resinas orgánicas epóxicas y de poliuretano no resisten temperaturas mayores a los 120°	Alta temperatura	A 6	no
El acabado de poliuretano alifático tiene buena resistencia a los solventes (tabla 5.2)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El minio es el inhibidor adecuado para el acero.	Acero	M 1	no
El cromato es el inhibidor adecuado para el zinc.	A. galvanizado	M 2	si

Respecto a tipo de preparación de superficie

Los cromatos actúan bien como inhibidores aún con limpieza manual de la superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.12 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 7	PRIMARIA	P8	3	Epoxi	poliamida	zinc
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

TABLA 6.12 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2) luz y corrosión (tabla 5.5). Pigmento con Prot.Cat	Exterior industrial	A 1	si
Ninguna de las dos resinas necesita de la humedad para su curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
Ninguna de las dos resinas resiste bien la inmersión	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los poliuretanos en general tienen regular resistencia a los ácidos y a los álcalis (tabla 5.2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
El acabado de poliuretano tiene excelente resistencia a la abrasión	Abrasión	A 5	si
Las resinas orgánicas epóxicas y de poliuretano no resisten temperaturas mayores a los 120°	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi aducto amina es excelente y la de poliuretano es buena, en resistencia a solventes.	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El zinc en polvo pretege catódicamente al acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

Una preparación de superficie manual no permite un buen contacto eléctrico para Prot.Cat.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.13 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE	RESINA		PIGMENTO
			SOR (mils)	TIPO	SUB-TIPO	
S 8	PRIMARIA	P8	3	Epoxi	poliamida	zinc
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P19	2	Epoxi	aducto amina	de color

TABLA 6.13 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente ante la salinidad y el agua, (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Ninguna de las dos resinas necesita de la humedad para su curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
Ninguna de las dos resinas resiste bien la inmersión (como si resiste la poliamida)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los epoxi aducto amina tienen buena resistencia química, sólo en salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los epoxi aducto amina entre buena y excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
Las resinas orgánicas epóxicas y de poliuretano no resisten temperaturas mayores a los 120°	Alta temperatura	A 6	no
Las resinas epóxicas aducto amina tienen excelente resistencia a los solventes.	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El zinc en polvo pretege catódicamente al acero (excepto en un ambiente extremadamente seco)	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

Una preparación de superficie manual no permite un buen contacto eléctrico para Prot.Catódica.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos tienen poco brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

CUADRO 6.14 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE	RESINA		PIGMENTO
			SOR (mils)	TIPO	SUB-TIPO	
S 9	PRIMARIA	P1	3	Silicato	base solvente	zinc
	INTERMEDIA	P15	2	Epoxi	poliamida	rojo óxido
	ACABADO	P20	2	Poliuretano	alifático poliéster	de color

CUADRO 6.14 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2) luz y corrosión (tabla 5.5). Pigmento con Prot. Cat.	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1, resiste A2, la escasez de humedad reduce la corrosividad pero limita la Prot. Cat.	Exterior industrial seco	A 2	si
El silicato orgánico de zinc tiene excelente resistencia en inmersión, pero el poliuretano no.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El acabado de poliuretano alifático no es bueno en resistencia química, además del riesgo del zinc	Ácidos y álcalis	A 4	no
El acabado de poliuretano tiene excelente resistencia a la abrasión	Abrasión	A 5	si
El silicato orgánico de zinc resiste temperaturas de hasta 400°C, pero las otras resinas menos de 100°	Alta temperatura	A 6	no
El acabado de poliuretano alifático es bueno en resistencia a los solventes (tabla 5.2)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

La protección catódica es efectiva en el acero.	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

La protección catódica sólo es efectiva con una buena limpieza.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

El acabado de poliuretano es brillante	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.15 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 10	PRIMARIA	P1	3	Silicato	base solvente	zinc
	INTERMEDIA	P15	2	Epoxi	poliamida	rojo óxido
	ACABADO	P19	2	Epoxi	aducto amina	de color

CUADRO 6.15 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente ante la salinidad y el agua (tabla 5.1) y para la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1, resiste A2, la poca presencia de humedad limita la P.Cat.pero reduce la corrosividad	Exterior industrial seco	A 2	si
El silicato orgánico de zinc tiene excelente resistencia en inmersión, pero las otras capas no.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
Los epoxi aducto amina son buenos en su resistencia a los ácidos y a los álcalis, sólo salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los epoxi aducto amina entre buena y excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
El silicato orgánico de zinc resiste temperaturas de hasta 400°C pero las otras resina sólo hasta 100°C	Alta temperatura	A 6	no
El acabado epoxi aducto amina tiene excelente resistencia a los solventes orgánicos (tablas 5.1, 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

La protección catódica es efectiva en el acero.	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

La protección catódica sólo es efectiva con una buena limpieza.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos tienen poco brillo	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.16 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 11	PRIMARIA	P1	3	Silicato	base solvente	zinc
	INTERMEDIA	P15	2	Epoxi	poliamida	rojo óxido
	ACABADO	P22	2	Acrílico	con alquídico	de color

TABLA 6.16 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado resiste en forma regular la salinidad (tabla 5.1) y ante la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1, resiste A2, a menor humedad menor corrosividad pero se limita la Prot.Catódica.	Exterior industrial seco	A 2	si
El silicato orgánico de zinc tiene excelente resistencia en inmersión. Pero el acrílico no.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El acabado acrílico hidroxilado es regular por su resistencia química	Ácidos y álcalis	A 4	no
El acabado acrílico hidroxilado es regular en cuanto a la abrasión.	Abrasión	A 5	no
El silicato orgánico de zinc resiste temperaturas de hasta 400°C pero las otras resinas sólo hasta 100°.	Alta temperatura	A 6	no
El acabado acrílico hidroxilado es regular en su resistencia a los solventes (tabla 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

La protección catódica es efectiva en el acero.	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

La protección catódica sólo es efectiva con una buena limpieza.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los acrílicos tienen alto brillo	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.17 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 12	PRIMARIA	P2	3	Epoxi	poliamida	minio
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P17	2	Epoxi	poliamida	de color

TABLA 6.17 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado resiste en forma excelente la salinidad (tabla 5.1) y ante la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1 entonces resiste A2, y la escasez de humedad reduce la corrosión.	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina epoxi poliamida es excelente en su resistencia a la humedad	Alta humedad (inmersión)	A 3	si
La resina epoxi poliamida es regular en resistencia química	Ácidos y álcalis	A 4	no
Las resinas epóxicas no son las mejores contra la abrasión, aunque mejoran con pigmentos	Abrasión	A 5	no
La resina epoxi poliamida resiste hasta 75 °C	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi poliamida tiene regular resistencia en solventes aromáticos (tabla 5.1)	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

El minio es inhibidor adecuado para el acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es muy exigente en la preparación de superficie.	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos no tienen buen brillo	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.18 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 13	PRIMARIA	P3	3	Epoxi	poliamida	cromato
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P17	2	Epoxi	poliamida	(ninguno)

TABLA 6.18 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado resiste en forma excelente la salinidad (tabla 5.1) y ante la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1 entonces resiste A2, y la escasez de humedad reduce la corrosión.	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina epoxi poliamida es excelente en su resistencia a la humedad	Alta humedad (inmersión)	A 3	si
La resina epoxi poliamida es regular en resistencia química	Ácidos y álcalis	A 4	no
Las resinas epóxicas no son las mejores contra la abrasión.	Abrasión	A 5	no
La resina epoxi poliamida resiste hasta 75 °C	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi poliamida tiene regular resistencia en solventes aromáticos (tabla 5.1)	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

Los cromatos son efectivos para proteger zinc	Acero	M 1	no
	A. galvanizado	M 2	si

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es muy exigente en la preparación de superficie.	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos no tienen buen brillo	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.19 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 14	PRIMARIA	P4	3	Epoxi	poliamida	(ninguno)
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P17	2	Epoxi	poliamida	de color

TABLA 6.19 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado resiste en forma excelente la salinidad (tabla 5.1) y ante la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1 entonces resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina epoxi poliamida es excelente en su resistencia a la humedad	Alta humedad (inmersión)	A 3	si
La resina epoxi poliamida es regular en resistencia química	Ácidos y álcalis	A 4	no
Las resinas epóxicas no son las mejores contra la abrasión, y sin pigmentos no mejora.	Abrasión	A 5	no
La resina epoxi poliamida resiste hasta 75 °C	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi poliamida tiene regular resistencia en solventes aromáticos (tabla 5.1)	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

Al no haber pigmentos, el sustrato es acero, debido a que el zinc es mas liso que el acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es muy exigente en la preparación de superficie.	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos no tienen buen brillo	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.20 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 15	PRIMARIA	P5	3	Epoxi	amina	minio
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P18	2	Epoxi	amina	de color

TABLA 6.20 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado resiste en forma excelente la salinidad (tabla 5.1) y ante la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1 entonses resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina epoxi amina es buena en su resistencia a la humedad (mejor es poliamida)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
La resina epoxi amina es excelente en su resistencia química a los ácidos (tabla 5.7)	Ácidos y álcalis	A 4	si
Esta resina epóxica es de altos sólidos y tiene buena resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
La resina epoxi amina resiste hasta 85 °C	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi amina tiene excelente resistencia en solventes orgánicos (tabla 5.1)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El minio es el pigmento adecuado para el acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es muy exigente en la preparación de superficie, tiene buena adherencia	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los epóxicos no tienen buen brillo	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.21 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 16	PRIMARIA	P11	3	Alquídica	aceite medio	rojo óxido
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P23	2	Alquídica	aceite medio	de color

TABLA 6.21 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

Las pinturas alquídicas son permeables a la humedad y al oxígeno	Exterior industrial	A 1	no
Al haber poca humedad, el ambiente industrial es menos corrosivo	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina alquídica es buena en salpicaduras de agua pero no para inmersión	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
La resina alquídica tiene poca resistencia química (tabla 5.7)	Ácidos y álcalis	A 4	no
Su resistencia a la abrasión es regular buena resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	no
La resina alquídica soporta hast 70°C.	Alta temperatura	A 6	no
La resina alquídica tiene mala resistencia ante los solventes orgánicos	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

El minio es el pigmento adecuado para el acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es muy exigente en la preparación de superficie, tiene buena adherencia	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los alquídicos tienen excelente brillo	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

TABLA 6.22 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 17	PRIMARIA	P9	3	Poliuretano	curado húmedo	zinc
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P21	2	Poliuretano	alifático	de color

TABLA 6.22 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado es excelente para intemperie (tabla 5.2) luz y corrosión (tabla 5.5). El primario tiene P.Cat.	Exterior industrial	A 1	si
El poliuretano de curado húmedo no formará una buena base en ausencia de humedad.	Exterior industrial seco	A 2	no
El poliuretano alifático tiene buena resistencia al agua pero no se recomienda para inmersión	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El poliuretano alifático tiene buena resistencia a los ácidos y álcalis, pero sólo salpicaduras (tabla 5.2)	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los poliuretanos en general tienen buena o excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.2)	Abrasión	A 5	si
Los poliuretanos general resistenten temperaturas máximas de 90 a 120°C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
Los poliuretanos en general tienen buena resistencia a los solventes (tablas 5.2 y 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

La protección catódica se aplica al acero	Acero	M 1	si
Tiene baja adherencia con la superficie de zinc	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

La Prot.Cat. requiere un buen contacto eléctrico	Manual	L 1	no
Promueve la adherencia y la protección catódica.	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.23 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 18	PRIMARIA	P12	4.5	Poliuretano	alifático acrílico	FBZ y col.
	INTERMEDIA					
	ACABADO					

CUADRO 6.23 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El poliuretano alifático es impermeable y adherente.	Exterior industrial	A 1	si
El FBZ (fosfito básico de zinc) es inhibidor.			
El poliuretano alifático no requiere de humedad para un buen curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
El poliuretano tiene excelente resistencia al agua pero intermitente (tabla 5.2)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El poliuretano alifático tiene excelente resistencia a los ácidos pero sólo en salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los poliuretanos en general tienen buena o excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.2)	Abrasión	A 5	si
Los poliuretanos en general resisten temperaturas máximas de 90 a 120°C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
Los poliuretanos en general tienen buena resistencia a los solventes (tablas 5.2 y 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

Este espesor (de 4,5 milipulgadas) es adecuado para el acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

Dado que es una sola capa se debe realizar una buena preparación de superficie	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen buen brillo (tabla 5.6)	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.24 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 19	PRIMARIA	P12	2.5	Poliuretano	alifático acrílico	FBZ y col.
	INTERMEDIA					
	ACABADO					

CUADRO 6.24 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El poliuretano alifático es impermeable y adherente	Exterior industrial	A 1	si
El FBZ (fosfito básico de zinc) es inhibidor.			
El poliuretano alifático no requiere de humedad para un buen curado. Como resiste A1, resiste A2	Exterior industrial seco	A 2	si
El poliuretano tiene excelente resistencia al agua pero intermitente (tabla 5.2)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El poliuretano alifático tiene excelente resistencia a los ácidos pero sólo en salpicaduras	Ácidos y álcalis	A 4	no
Los poliuretanos en general tienen buena o excelente resistencia a la abrasión (tabla 5.2)	Abrasión	A 5	si
Los poliuretanos en general resisten temperaturas máximas de 90 a 120°C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
Los poliuretanos en general tienen buena resistencia a los solventes (tablas 5.2 y 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

El espesor de 2,5 milipulgadas es propio de un sustrato no ferroso	Acero	M 1	no
	A. galvanizado	M 2	si

Respecto a tipo de preparación de superficie

La superficie galvanizada no requiere mucha preparación de superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los poliuretanos tienen alto brillo	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.25 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPESOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 20	PRIMARIA	P13	1.5	Cumarona		aluminio
	INTERMEDIA					
	ACABADO					

CUADRO 6.25 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El sistema no resiste este ambiente porque es más agresivas que el ambiente A2	Exterior industrial	A 1	no
La resistencia de la cumarona es buena ante la luz, la corrosión, el agua, los ácidos y álcalis	Exterior industrial seco	A 2	si
La resistencia de la cumarona es buena ante el agua pero no para inmersión (tabla 5.7)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
La cumarona tiene buena resistencia ante los ácidos y los álcalis pero no para altas concentraciones	Ácidos y álcalis	A 4	no
La cumarona tiene buena resistencia ante la abrasión pero no en condiciones fuertes.	Abrasión	A 5	no
La cumarona resiste temperaturas hasta de 250°C A este rango se denomina temperatura media	Alta temperatura	A 6	si
La cumarona tiene buena resistencia a los solventes pero no excelente resistencia a los solventes	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

La cumarona tiene buena adherencia en acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

La calidad de la pintura no requiere mucha preparación de superficie	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

La cumarona muestra el color del pigmento aluminio	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

CUADRO 6.26 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 21	PRIMARIA	P14	1.5	Polisiloxano	con alquídico	aluminio
	INTERMEDIA					
	ACABADO					

CUADRO 6.26 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS		
-----------------------------	-----------	--	--

Respecto a medios y agentes agresivos

El sistema no resiste este ambiente porque es más agresivas que el ambiente A2	Exterior industrial	A 1	no
La resistencia del polisiloxano es buena ante la luz, la corrosión, el agua, los ácidos y álcalis	Exterior industrial seco	A 2	si
La resistencia del polisiloxano es buena ante el agua pero no para inmersión (tabla 5.7)	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El polisiloxano tiene buena resistencia ante los ácidos y los álcalis pero no para altas concentraciones	Ácidos y álcalis	A 4	no
El polisiloxano tiene buena resistencia ante la abrasión pero no en condiciones fuertes.	Abrasión	A 5	no
El polisiloxano resiste temperaturas hasta de 600°C A este rango se denomina temperatura alta	Alta temperatura	A 6	si
El polisiloxano tiene buena resistencia a los solventes pero no tiene una excelente resistencia.	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

Sólo tiene buena adherencia en acero	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

El sistema no es exigente en la preparación de superficie.	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Su color es metálico en ausencia de otro pigmentos	Brillante	B 1	no
Se puede decir que es mate o brillante	Mate	B 2	si

CUADRO 6.27 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE-SOR (mils)	RESINA		PIGMENTO
				TIPO	SUB-TIPO	
S 22	PRIMARIA	P7	2	Epoxi	aducto amino	cromato
	INTERMEDIA					
	ACABADO	P23	2	Alquídico	aceite medio	de color

CUADRO 6.27 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

El acabado alquídico no resistirá este ambiente por su mala resistencia en ácidos y álcalis (tabla 5.7)	Exterior industrial	A 1	no
La alta permeabilidad de los alquídicos al agua no será problema en este medio.	Exterior industrial seco	A 2	si
Los alquídicos no resistirán la inmersión.	Alta humedad (inmersión)	A 3	no
El sistema no resistirá soluciones concentradas de ácidos y álcalis	Ácidos y álcalis	A 4	no
La resistencia a la abrasión de los alquídicos es regular.	Abrasión	A 5	no
Un alquídico soporta una temperatura máxima de 70 °C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
Las capas de pintura alquídica son atacadas por los solventes orgánicos.	Solventes orgánicos	A 7	no

Respecto a tipo de sustrato

El cromato de zinc es adecuado para el acero galvanizado	Acero	M 1	no
	A. galvanizado	M 2	si

Respecto a tipo de preparación de superficie

Un ligero lijado manual o con herramienta eléctrica es conveniente para superficies de zinc.	Manual	L 1	si
	Arenado	L 2	no

Respecto a su apariencia en brillo

Los alquídicos alcanzan buen brillo	Brillante	B 1	si
	Mate	B 2	no

CUADRO 6.28 A

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE SISTEMAS DE PINTURA

CÓDIGO DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS COMPONENTES					
	CAPA	CÓDIGO	ESPE	RESINA		PIGMENTO
			SOR (mils)	TIPO	SUB-TIPO	
S 23	PRIMARIA	P24	5	Epoxi	amina A.S.	color
	INTERMEDIA					
	ACABADO					

CUADRO 6.28 B

DEDUCCIÓN DE ATRIBUTOS PARA EL SISTEMA DE PINTURAS

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	ATRIBUTOS
-----------------------------	-----------

Respecto a medios y agentes agresivos

La resina epoxi amina resiste la salinidad, los ácidos (tabla 5.1), la luz y la corrosión (tabla 5.5)	Exterior industrial	A 1	si
Como resiste A1 entonces resiste A2, y la escasez de humedad reduce la corrosión.	Exterior industrial seco	A 2	si
La resina epoxi amina es excelente en su resistencia a la humedad	Alta humedad (inmersión)	A 3	si
La resina epoxi amina A.S. (alto sólido) es excelente en resistencia química	Ácidos y álcalis	A 4	si
La resina epoxi amina de alto sólido es excelente en resistencia a la abrasión (tabla 5.5)	Abrasión	A 5	si
La resina epoxi amina resiste hasta 95 °C (tabla 5.5)	Alta temperatura	A 6	no
La resina epoxi amina de alto sólido tiene excelente resistencia a los solventes (tabla 5.7)	Solventes orgánicos	A 7	si

Respecto a tipo de sustrato

Su adherencia sólo es buena en acero al carbono	Acero	M 1	si
	A. galvanizado	M 2	no

Respecto a tipo de preparación de superficie

Se prefiere arenado hasta metal blanco para asegurar buenos resultados.	Manual	L 1	no
	Arenado	L 2	si

Respecto a su apariencia en brillo

Su brillo no es tan bueno	Brillante	B 1	no
	Mate	B 2	si

TABLA 6.29

ATRIBUTOS DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS

CODIGO DEL SISTEMA	Ambiente (servicio)							Sustrato	Mínima Limpieza	Brillo de la pintura de acabado
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7			
S 1	si		si		si		si	M1	L2	B1
S 2	si				si		si	M1	L1	B1
S 3	si	si			si		si	M1	L1	B2
S 4	si	si			si		si	M2	L1	B2
S 5	si	si			si		si	M1	L1	B1
S 6	si	si			si		si	M2	L1	B1
S 7	si	si			si		si	M1	L2	B1
S 8	si	si			si		si	M1	L2	B2
S 9	si	si			si		si	M1	L2	B1
S 10	si	si			si		si	M1	L2	B2
S 11	si	si						M1	L2	B1
S 12	si	si	si					M1	L1	B2
S 13	si	si	si					M2	L1	B2
S 14	si	si	si					M1	L1	B2
S 15	si	si		si	si		si	M1	L1	B2
S 16		si						M1	L1	B1
S 17	si				si		si	M1	L2	B1
S 18	si	si			si		si	M1	L2	B1
S 19	si	si			si		si	M2	L1	B1
S 20		si				si		M1	L1	B2
S 21		si				si		M1	L1	B2
S 22		si						M2	L1	B1
S 23	si	si	si	si	si		si	M1	L2	B2

Simbología:

si : el sistema SI resiste el ambiente o factor agresivo de la columna

: el sistema NO resiste el ambiente o factor agresivo de la columna

A1	Exterior industrial marino
A2	Exterior industrial seco
A3	Alta humedad
A4	Soluciones
A5	Abrasión
A6	Alta temperatura
A7	Solventes
M1	Acero
M2	Galvanizado
L1	Manual o mecánica
L2	Chorro hasta metal blanco
B1	Brillante
B2	Mate (opaco)

CAPÍTULO VII

DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA

La parte computacional de la presente tesis incluye:

- Una base de datos, que contiene la información de los sistemas de pinturas,
- Un proyecto de aplicación, que procesa la información de la base de datos

A continuación se describe cada uno de ellos.

7.1 BASE DE DATOS DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS

La base de datos ha sido creada utilizando el software Microsoft Access versión 97. El nombre del archivo es **basedatos97**.

En el ámbito computacional, se denomina base de datos a un conjunto de tablas.

Una tabla consta de campos (columnas) y registros (filas).

El primer campo (a la izquierda) corresponde a la columna donde se identifica a los objetos que se describen en la tabla y generalmente es un código. Los siguientes campos son columnas donde están las características de cada objeto.

Los registros son las filas que se ubican a continuación de los títulos de cada columna. A cada objeto le corresponde un registro. Esta estructura permite almacenar datos en forma ordenada.

La base de datos planteada consta de 3 tablas con la información referida a:

- Especificación de los sistemas de pinturas (tabla SISTEMA)
- Atributos de los sistemas de pinturas (tabla SELECCIÓN)
- Especificación de las pinturas (tabla RECUBRIMIENTO)

A continuación se desarrolla cada una de estas partes de la base de datos.

7.1.1 ESPECIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS

Para la especificación de los sistemas de pinturas se utiliza la tabla SISTEMA (tabla 7.2). Dicha tabla consta de 23 archivos con 9 campos. Los títulos de cada campo (y sus significados respectivos) se dan en la tabla 7.1

TABLA 7.1
Descripción de los campos de la Tabla SISTEMA

Título	Significado
codigo	Código de cada sistema de pintura
nombre	designación de cada sistema de pintura
cpcod	Código de la pintura primaria del sistema de pintura
Cpesp	espesor de la capa primaria del sistema de pintura
Cicod	Código de la pintura intermedia del sistema de pintura
Ciesp	espesor de la capa intermedia del sistema de pintura
Cacod	Código de la pintura de acabado del sistema de pintura
caesp	espesor de la capa de acabado del sistema de pintura
duración	Tiempo aproximado que durará el sistema de pintura.

Cada registro corresponde a un sistemas de pinturas.

Esta tabla contiene datos del capítulo VI.

TABLA 7.2

TABLA SISTEMA

codigo	nombre	cpcod	cpesp	cicod	ciesp	cacod	caesp	duracion
S01	Alto espesor rico en zinc	P09		3 P16		2 P20	2	10
S02	Alto espesor aluminio	P10		3 P16		2 P20	2	9
S03	Epoxi-sustrato ferroso	P06		3 No tien		0 P19	2	6
S04	Epoxi-sustrato no ferroso	P07		3 No tien		0 P19	2	10
S05	Poliuretano-sustrato ferroso	P06		3 No tien		0 P20	2	8
S06	Poliuretano-sustrato no ferroso	P07		3 No tien		0 P20	2	10
S07	Orgánico-poliuretano	P08		3 No tien		0 P20	2	9
S08	Orgánico-epóxico	P08		3 No tien		0 P19	2	9
S09	Inorgánico-poliuretano	P01		3 P15		2 P20	2	10
S10	Inorgánico-epóxico	P01		3 P15		2 P19	2	10
S11	Inorgánico-acrílico	P01		3 P15		2 P22	2	10
S12	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato ferroso	P02		3 No tien		0 P17	2	8
S13	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato no ferroso	P03		3 No tien		0 P17	2	10
S14	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato ferroso. No Tóxico	P04		3 No tien		0 P17	2	8
S15	Altos sólidos	P05		3 No tien		0 P18	2	8
S16	Económico	P11		3 No tien		0 P23	2	3
S17	Orgánico curado por humedad	P09		3 No tien		0 P21	2	8
S18	Calidad-aplicación simple. Sustrato ferroso	P12		4.5 No tien		0 No tien	0	8
S19	Calidad-aplicación simple. Sustrato no ferroso	P12		2 No tien		0 No tien	0	8
S20	Temperatura media	P13		1.5 No tien		0 No tien	0	8
S21	Alta temperatura	P14		1.5 No tien		0 No tien	0	8
S22	Convencional	P07		2 No tien		0 P23	2	9
S23	Resistencia química	P24		5 No tien		0 No tien	0	7

7.1.2 ATRIBUTOS DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS

Para la especificación de los sistemas de pinturas se utiliza la tabla SELECCIÓN (tabla 7.4)

La tabla SELECCION consta de 23 archivos con 9 campos. Los títulos de cada campo (y sus significados respectivos) se dan en la tabla 7.3.

TABLA 7.3
Descripción de los campos de la Tabla SELECCIÓN

Título	Significado
codigo	código de cada sistema de pintura
nombre	designación de cada sistema de pintura
ambiente_a1	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a1
ambiente_a2	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a2
ambiente_a3	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a3
ambiente_a4	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a4
ambiente_a5	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a5
ambiente_a6	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a6
ambiente_a7	aceptación o negación de la capacidad para resistir el ambiente a7
sustrato	tipo de metal sobre el cual se puede aplicar el sistema de pinturas
maxlimpieza	minimo grado de limpieza requerido por la pintura primaria
apariencia	tipo de acabado: mate o brillante
nrocapas	número de capas del sistema de pinturas.

Cada registro corresponde a un sistemas de pinturas.

Esta tabla contiene datos del capítulo VI.

TABLA 7.4

TABLA SELECCIÓN

codigo	nombre	ambiente a1	ambiente a2	ambiente_a3
S01	Alto espesor rico en zinc	SI	NO	SI
S02	Alto espesor aluminio	SI	NO	NO
S03	Epoxi-sustrato ferroso	SI	SI	NO
S04	Epoxi-sustrato no ferroso	SI	SI	NO
S05	Poliuretano-sustrato ferroso	SI	SI	NO
S06	Poliuretano-sustrato no ferroso	SI	SI	NO
S07	Orgánico-poliuretano	SI	SI	NO
S08	Orgánico-epóxico	SI	SI	NO
S09	Inorgánico-poliuretano	SI	SI	NO
S10	Inorgánico-epóxico	SI	SI	NO
S11	Inorgánico-acrílico	SI	SI	NO
S12	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato ferroso	SI	SI	SI
S13	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato no ferroso	SI	SI	SI
S14	Resistente al agua. Usos generales. Sustrato ferroso. No Tóxico	SI	SI	SI
S15	Altos sólidos	SI	SI	NO
S16	Económico	NO	SI	NO
S17	Orgánico curado por humedad	SI	NO	NO
S18	Calidad-aplicación simple. Sustrato ferroso	SI	SI	NO
S19	Calidad-aplicación simple. Sustrato no ferroso	SI	SI	NO
S20	Temperatura media	NO	SI	NO
S21	Alta temperatura	NO	SI	NO
S22	Convencional	NO	SI	NO
S23	Resistencia química	SI	SI	SI

TABLA 7.4

TABLA SELECCIÓN (CONTINUACIÓN)

ambiente a4	ambiente a5	ambiente a6	ambiente a7	sustrato	maxiimpieza	apariciencia	nrocapas
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B1	3
NO	SI	NO	SI	M1	L1	B1	3
NO	SI	NO	SI	M1	L1	B2	2
NO	SI	NO	SI	M2	L1	B2	2
NO	SI	NO	SI	M1	L1	B1	2
NO	SI	NO	SI	M2	L1	B1	2
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B1	2
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B2	2
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B1	3
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B2	3
NO	NO	NO	NO	M1	L2	B1	3
NO	NO	NO	NO	M1	L1	B2	2
NO	NO	NO	NO	M2	L1	B2	2
NO	NO	NO	NO	M1	L1	B2	2
SI	SI	NO	SI	M1	L1	B2	2
NO	NO	NO	NO	M1	L1	B1	2
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B1	2
NO	SI	NO	SI	M1	L2	B1	1
NO	SI	NO	SI	M2	L1	B1	1
NO	NO	SI	NO	M1	L1	B2	1
NO	NO	SI	NO	M1	L1	B2	1
NO	NO	NO	NO	M2	L1	B1	2
SI	SI	NO	SI	M1	L2	B2	1

7.1.3 ESPECIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LAS PINTURAS

Para la especificación de pinturas y mostrar las propiedades de cada una se utiliza la tabla RECUBRIMIENTO (tabla 7.6). Ésta consta de 24 archivos con 34 campos. Los títulos de cada campo (y sus significados respectivos) se dan en la tabla 7.5

TABLA 7.5
Descripción de los campos de la Tabla RECUBRIMIENTO

Título	Significado
codigo	código de cada sistema de pintura
nombre	designación de cada sistema de pintura
tipo	tipo de resina
sub tipo	subtipo de resina
pigmento	tipo de pigmento
componentes	número de componentes de la pintura
rendimiento	número de metros cuadrados de área pintada por galón de pintura
costo	precio del galón de pintura en dólares (incluye 19% de impuesto)
capa	tipo de capa en el sistema de pintura
nomcom	nombre comercial asignado por la compañía nervión s.a.
densidad	densidad de la pintura en gramos por centímetro cúbico
viscosidad	viscosidad de la pintura
sopeso	contenido de sólidos en peso
sovol	contenido de sólidos en volumen
contenido	contenido de volátiles orgánicos
reluz	resistencia a la luz
recorrosion	resistencia a la corrosión
reabrasion	resistencia a la abrasión
retemperatura	resistencia a la temperatura
mandril	Flexibilidad
metal	grado de adherencia
dureza	especificación de dureza
apariencia	tipo de brillo (mate o brillante)
reacidos	resistencia a los ácidos
realcalis	resistencia a los álcalis
reagua	resistencia al agua
regasolina	resistencia a la gasolina
secpolvo	tiempo de secado libre de polvo
secduro	tiempo de secado duro
secrepintado	tiempo de secado para pintado
secinmersion	tiempo de secado para inmersión
vida	disponibilidad de tiempo para aplicación.

TABLA 7.6

TABLA RECUBRIMIENTO

codigo	nombre	tipo	subtipo	pigmento	componentes
P01	primario inorgánico de zinc autocurante	silicato	orgánico	zinc	2
P02	primario anticorr. Mant. sustrato ferroso	epóxico	poliamida	minio	2
P03	primario anticorr. Mant.sustrato.no ferroso	epóxico	poliamida	cromato de zinc	2
P04	primario anticorr. Mant.sustrato ferroso no contam	epóxico	poliamida	(ninguno)	2
P05	primario altos sólidos mantenimiento	epóxico	amina	minio	2
P06	primario usos generales sustrato ferroso	epóxico	aducto amina	minio	2
P07	primario usos generales sustrato no ferroso	epóxico	aducto amina	cromato de zinc	2
P08	primario epóxico rico en zinc	epóxico	poliamida	zinc	2
P09	primario anticorrosivo rico en zinc	poliuretano	curado húmedo	zinc	1
P10	primario anticorrosivo de aluminio	poliuretano	curado húmedo	aluminio	1
P11	primario anticorrosivo usos generales	alquídico	aceite medio	óxido férrico	1
P12	recubrimiento directo a metal de secado rápido	poliuretano	alifático-acrílico	(de color)	2
P13	aluminio usos generales	cumarona	N.A.	aluminio	1
P14	aluminio para alta temperatura	polisiloxano	con alquídico	aluminio	1
P15	rojo óxido	epóxico	poliamida	óxido férrico	2
P16	intermedio enlace de aluminio	poliuretano	curado húmedo	aluminio	1
P17	acabado resistente a la humedad	epóxico	poliamida	de color	2
P18	acabado catalizado altos sólidos	epóxico	amina	de color	2
P19	acabado catalizado usos generales	epóxico	aducto amina	de color	2
P20	acabado brillante alta resistencia	poliuretano	alifático poliéster	de color	2
P21	acabado brillante alto desempeño	poliuretano	alifático acrílico	de color	2
P22	esmalte acrílico	acrílico	con alquídico	de color	1 ó 2
P23	esmalte brillante mantenimiento	alquídico	aceite medio	de color	1
P24	epóxico alta resistencia química	epóxico	poliamina alto sólido	de color	2

TABLA 7.6

TABLA RECUBRIMIENTO (1° CONTINUACIÓN)

rendimiento	costo	capa	nomcom	densidad	viscosidad	soposo	sovol	contenido	reluz
68	50 P		DURAZINC A	2,50 - 2,80	35 - 50 s (m)	> 78 (m)	> 44 (m)	< 536	Regular
73	40 P		DUREPOXY 10-901	1,10 - 1,25	90 - 120 s	63 - 68	49 - 53	< 450 - 500	Mala
73	35 P		DUREPOXY 10-902	1,10 - 1,25	90 - 120 s	63 - 68	49 - 53	< 450 - 500	Mala
70	25 P		DUREPOXY 10-910	1,10 - 1,25	90 - 120 s	63 - 68	49 - 53	< 450 - 500	Mala
64	50 P		DUREPOXY 20-901	1,30 - 1,50	900 - 1500 cps	63 - 67	43 - 47	480	Mala
52	55 P		DUREPOXY 50-901	1,23 - 1,40	600 - 1000 cps	52 - 56	35 - 39	550	Mala
52	50 P		DUREPOXY 50-902	1,23 - 1,40	600 - 1000 cps	52 - 56	35 - 39	550	Mala
67	45 P		DURAZINC 300	2,30 - 2,40	30 - 50 s	74 - 76	44 - 46	500	Buena
119	65 P		DURETANO ZP-905	3,88 - 3,92	No hay datos	95	80	300	Regular
69	60 P		DURETANO AP-91	1,05 - 1,09	20 - 50 s	56 - 58	46	500	Regular
62	15 P		NERVION P93	1,30	600 - 900 cps	> 64	> 42	< 500	Buena
59	55 U		POLYLITE 160 DTM	0,94 - 1,33	50 - 70 s (m)	> 56	> 40	< 500	Excelente
37	35 U		NERVION 212	0,87 - 0,97	> 15 s	31 - 33	24 - 26	< 620	Buena
26	50 U		THERMOSYL 201	0,97	15 s	> 27	> 18	< 708	Buena
59	30 I		DUREPOXY 410	1,32	650 - 1100 cps	60 - 62	39 - 41	< 490	Regular
62	60 I		DURETANO UI-912	1,08 - 1,12	30 - 50 s	55 - 57	41 - 43	< 500	Regular
69	30 A		DUREPOXY ER10	1,12 (m)	200 - 400 cps (m)	> 56 - 63	> 46 - 50	< 335	Mala
62	40 A		DUREPOXY ER20	1,20 - 1,35	400 - 700 cps	> 63	> 42	< 363	Mala
53	45 A		DUREPOXY ER 50	1,15	80 - 120 s	> 52	> 36	< 414	Mala
72	50 A		POLYNER 75	1, 16 (m)	30 - 60 (m)	> 60	> 47,5	< 460	Excelente
70	45 A		ULTRA PLUS 780	1,05 - 1,15 (m)	80 - 120 s	58 - 62	45 - 49	< 450	Excelente
49	35 A		ACRYNER 15	0,95	80 - 120 s	> 41	> 33	< 560	Buena
49	15 A		NERVION 50	0,90 - 1,19	800 - 1200	> 50	> 33	< 550	Buena
119	65 U		WINNER 387	1,40 - 1,50	800 - 1400 cps (84 - 86	79 - 81	< 220	Excelente

TABLA 7.6

TABLA RECUBRIMIENTO (2° CONTINUACIÓN)

recorrosion	reabrasion	retemperatura	mandril	metal	dureza	apariencia	reaclidos	realcaliz	redisolventes
Excelente	Excelente	400 pasa	100	5 H	Mate	Mala /v	Mala	Excelente /i	
Excelente	Buena	85 pasa	100	5 H	Mate	Buena /d	Regular /d	Buena /d	
Excelente	Buena	85 pasa	100	5 H	Mate	Buena /d	Regular /d	Buena /d	
Excelente	Buena	85 pasa	100	5 H	Mate	Buena /d	Regular /d	Buena/derrame	
Excelente	Excelente	90 pasa	100	5H	Mate	Excelente	Buena	Excelente	
Excelente	Buena	75 pasa	100	5H	Mate	Buena	Regular	Excelente	
Excelente	Buena	75 pasa	100	5H	Mate	Buena	Regular	Excelente	
Excelente	Buena	100 pasa	100	2H	Mate	Excelente (s)	Excelente (s)	Excelente	
Excelente	Excelente	90 pasa	100	5H	Mate	Buena (s)	Buena (s)	Excelente	
Excelente	Excelente	95 pasa	100	5H	Mate	Excelente (s)	Buena (s)	Excelente (s)	
Buena	Regular	80 buena	100	HB	Mate	Regular	Regular	Buena	
Excelente	Buena	90 pasa	100	1H	Regular	Excelente /s	Buena /s	Buena /d	
Buena	Buena	250 pasa	100	F	Brillante	Buena	Buena	Buena	
Excelente	Buena	600 pasa	100	2H	N.A.	Excelente /v	Buena /v	Buena /d	
Excelente	Excelente	95 pasa	100	2H	Mate	Excelente	Buena	Excelente	
Excelente	Excelente	95 pasa	100	4H	Mate	Buena (s)	Buena (s)	Excelente (s)	
Excelente	Buena	75 pasa	100	7H	Regular	Buena	Regular	Buena	
Excelente	Excelente	85 pasa	100	7H	> 8% a 60°	Excelente	Regular	Excelente	
Excelente	Excelente	85 pasa	100	7H	> 80 unid.	Buena /s	Buena /s	Excelente	
Excelente	Excelente	120 pasa	100	< 6H	> 90% a 60°	Excelente /d	Buena /d	Buena /d	
Excelente	Buena	90 pasa	100	3H	> 90% a 60°	Buena /s	Buena /s	Excelente	
Buena	Regular	80 pasa	100	H	> 85% a 60°	Regular	Regular	Regular	
Buena	Regular	70 pasa	100	HB	80 unid. a 60°	Mala	Mala	Mala	
Buena	Excelente	95 pasa	100	>3H	Mate - Brillante	Excelente /i /v	Excelente /i /v	Excelente /i /v	

TABLA 7.6

TABLA RECUBRIMIENTO (3° CONTINUACIÓN)

reagua	regasolina	secpolvo	sectacto	secduro	secrepintado	secinmerclon	vida
Excel ente/i	Excel ente/i	N.A.	20	2	12	5	6
Excel ente/i	Buena /d	30	60	48	4	3	12 a 14
Excel ente/i	Buena /d	30	60	48	4	3	12 a 14
Excel ente/i	Buena /d	30	60	48	4	3	12 a 14
Buena	Excel ente	30	60	24	3 a 24	N.D.	4 a 6
Buena	Excel ente	30	90	24	3 a 24	N.D.	4 a 6
Buena	Excel ente	30	90	24	3 a 24	N.D.	4 a 6
Excel ente(s)	Excel ente	15	30	24	4	5	4 a 6
Excel ente(s)	Excel ente(s)	120	180	24	6	5	N.D.
Excelente (s)	Excelente (s)	60	240	24	4 a 24	5	N.D.
Buena	Buena	< 20	< 45	24	> 2	N.R.	N.D.
Excel ente/it	Excel ente/d	< 20	< 45	24	1 a 24	N.R.	4 a 6
Buena	Buena	< 15	< 30	24	2	N.R.	N.D.
Excel ente/s	Buena /d	N.A.	N.A.	1h. a 260°C	N.A.	N.A.	N.D
Excel ente	Excel ente	< 30	< 60	24	> 1 a 25°C	3	N.D.
Excel ente(s)	Excel ente	< 120	<180	24	4 a 24	> 5	N.D.
Excel ente	Buena	< 45	< 60	48	3 a 24	3 (a)	8 a 12
Buena	Excel ente	< 45	< 90	48	3 a 24	N.D.	4 a 6
Buena	Excel ente	< 45	< 90	48	3 a 24	N.D.	4 a 6
Excel ente/i	Excel ente/i	< 40	< 120	< 24	6 a 24	> 5	4 a 6
Excel ente	Excel ente	< 30	< 60	24	1 a 2	N.R.	N.D.
Buena	Buena	< 15	< 30	24	1,5	N.R.	N.D.
Buena /s	Mal a	< 50	< 150	24	4	N.R	N.D.
Excel ente	Excel ente	< 60	< 120	< 24	18 - 48	> 7	0,5 a 1

7.2 PROYECTO DE APLICACIÓN

El proyecto de aplicación se creó utilizando el software Visual Basic versión 6.0 y el nombre del archivo es PINTURA.

En el ámbito computacional, un proyecto es un conjunto de formularios relacionados entre sí, y cada uno de los cuales comprende dos partes principales:

- Interfaz, que es la parte gráfica del formulario y es visible al usuario
- Código de programa, que es la parte que procesa la información tanto de la base de datos como la que se ingresa a través de la interfaz. Utiliza el lenguaje de programación Basic.

Los formularios que contiene el presente proyecto de aplicación son:

Formulario 1: "Menú de selección"

Formulario 2: "Resultado global de la selección"

Formulario 3: "Descripción del sistema"

Formulario 4: "Descripción de propiedades de la pintura"

A continuación se describe cada uno de ellos.

7.2.1 FORMULARIO 1: MENU DE REQUERIMIENTOS

El formulario 1 es la parte del proyecto que permite al usuario describir su caso específico. Para tal efecto, el formulario 1 muestra 4 aspectos básicos de los requerimientos:

- Medio agresivo, Sustrato,
- Limpieza factible y,
- Apariencia (brillo),

con sus respectivas opciones.

Como ejemplo se ha marcado las opciones:

A1- Exterior industrial marino,

M1-acero,

L1-limpieza manual o mecánica,
B1-Brillante.

GRÁFICO 7.1
INTERFAZ DEL FORMULARIO 1

Menu

SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PINTURAS PARA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA DEL ACERO EN AMBIENTES INDUSTRIALES

MENÚ DE REQUERIMIENTOS

ESPECIFIQUE:

Medio agresivo

A1 - Exterior industrial marino A5 - Abrasión

A2 - Exterior industrial seco A6 - Alta temperatura

A3 - Alta humedad A7 - Solventes

A4 - Soluciones

Sustrato

M1 - Acero M2 - Galvanizado

Limpieza factible

L1 - Manual o mecánica L2 - Chorro hasta metal blanco

Apariencia (brillo)

B1 - Brillante B2 - Mate (opaco)

Procesar Salir

Después que el usuario marcó las 4 opciones (1 de cada aspecto) deberá hacer clic en el botón Procesar (o si desea cancelar la secuencia, clic en Salir).

Al seleccionar Procesar se continúa con el Formulario 2

CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DEL FORMULARIO 1

Public AuxA, AuxM, AuxL, AuxB As String

```
Private Sub A_Click(Index As Integer)
Select Case Index
Case 0
    AuxA = "A1"
Case 1
    AuxA = "A2"
Case 2
    AuxA = "A3"
Case 3
    AuxA = "A4"
Case 4
    AuxA = "A5"
Case 5
    AuxA = "A6"
Case 6
    AuxA = "A7"
End Select
End Sub
```

```
Private Sub B_Click(Index As Integer)
Select Case Index
Case 0
    AuxB = "B1"
Case 1
    AuxB = "B2"
End Select
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Form1.Left = (Screen.Width - Form1.Width) / 2
Form1.Top = (Screen.Height - Form1.Height) / 2
Form1.Show
AuxA = " "
AuxB = " "
AuxL = " "
AuxM = " "
End Sub
```

```
Private Sub L_Click(Index As Integer)
Select Case Index
Case 0
    AuxL = "L1"
Case 1
```

```

    AuxL = "L2"
End Select
End Sub

```

```

Private Sub M_Click(Index As Integer)
Select Case Index
Case 0
    AuxM = "M1"
Case 1
    AuxM = "M2"
End Select
End Sub

```

```

Private Sub procesar_Click()
A(0).Value = False
A(1).Value = False
A(2).Value = False
A(3).Value = False
A(4).Value = False
A(5).Value = False
A(6).Value = False
B(0).Value = False
B(1).Value = False
L(0).Value = False
L(1).Value = False
M(0).Value = False
M(1).Value = False

```

```

If (AuxA <> " ") And (AuxB <> " ") And (AuxL <> " ") And (AuxM <> " ")
Then
Unload Form1
Load Form2
Else
MsgBox "Seleccione todas las opciones"
End If
End Sub

```

```

Private Sub Salir_Click()
End
End Sub

```

7.2.2 FORMULARIO 2: RESULTADO DE LA SELECCIÓN

Formulario 2 es la parte del proyecto en la que se muestra cuales son los sistemas de pinturas que cumplen con los requerimientos del usuario (señalados en el Formulario 1). También se muestran los atributos de tales sistemas de pinturas. Los sistemas de pinturas seleccionados están indicados por códigos. Siguiendo con el ejemplo, los sistemas seleccionados son: S02 y S05. Cualquiera de ellos cumple con los requerimientos. Para poder visualizar las especificaciones de cada sistema (es decir las pinturas y sus espesores respectivos) se escribirá el código de sistema en el recuadro que sigue a "SEÑALE EL CÓDIGO DEL SISTEMA PARA SU DESCRIPCIÓN". En este ejemplo se ha escrito S02.

GRÁFICO 7.2

INTERFAZ DEL FORMULARIO 2

The screenshot shows a window titled 'Resultado' with the following content:

SISTEMAS SELECCIONADOS

CODIGO	NOMBRE
S02	Alto espesor aluminio
S05	Poliuretano-sustrato ferroso

A1 : Exterior industrial marino A5 : Abrasión
A2 : Exterior urbano seco A6 : Alta temperatura
A3 : Alta humedad A7 : Solventes orgánicos
A4 : Acidos y bases

SEÑALE EL CODIGO DEL SISTEMA PARA SU DESCRIPCIÓN

Hecho esto, se hará clic en el botón Procesar para ver la especificación del sistema S02, la cual será visualizada en el formulario 3. A partir de este formulario también se puede ir al menú de requerimientos si se desea plantear otro caso.

CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DEL FORMULARIO 2

```

'Activar las Referencias
'Microsoft Activex Data Objects 2.0 Library
'Microsoft Dao 2.5/3.51 Compatibility Library. Usa DBEngine.CreateDatabase
'Microsoft Data Binding Collection
'Microsoft FlexGrid Control 6.0

'Option Explicit
Public buscado As String

Private Sub Form_Load()
Dim BasedeDatos As Database
Dim Tabla As Recordset
Dim sw As Integer
Dim fila As Integer
Dim Aux As String
Form2.Left = (Screen.Width - Form2.Width) / 2
Form2.Top = (Screen.Height - Form2.Height) / 2
Form2.Show
On Error GoTo Msg
Set BasedeDatos = Workspaces(0).OpenDatabase("basedatos97.mdb")
Set Tabla = BasedeDatos.OpenRecordset("seleccion", dbOpenTable)
Set DatPintura.Recordset = Tabla
Grid1.Clear
Grid1.Cols = 14
Grid1.Rows = 100
sw = 0
fila = 0
    Grid1.ColWidth(0) = 0
    Grid1.TextMatrix(0, 0) = " "
    Grid1.ColWidth(1) = 700
    Grid1.TextMatrix(0, 1) = "CODIGO"
    Grid1.ColWidth(2) = 4000
    Grid1.TextMatrix(0, 2) = "NOMBRE"
    Grid1.ColWidth(3) = 500
    Grid1.TextMatrix(0, 3) = "A1"
    Grid1.ColWidth(4) = 500
    Grid1.TextMatrix(0, 4) = "A2"
    Grid1.ColWidth(5) = 500
    Grid1.TextMatrix(0, 5) = "A3"
    Grid1.ColWidth(6) = 500
    Grid1.TextMatrix(0, 6) = "A4"
    Grid1.ColWidth(7) = 500
    Grid1.TextMatrix(0, 7) = "A5"

```

```

Grid1.ColWidth(8) = 500
Grid1.TextMatrix(0, 8) = "A6"
Grid1.ColWidth(9) = 500
Grid1.TextMatrix(0, 9) = "A7"
Grid1.ColWidth(10) = 1000
Grid1.TextMatrix(0, 10) = "SUSTRATO"
Grid1.ColWidth(11) = 1500
Grid1.TextMatrix(0, 11) = "MAX.LIMPIEZA"
Grid1.ColWidth(12) = 1200
Grid1.TextMatrix(0, 12) = "APARIENCIA"
Grid1.ColWidth(13) = 1000
Grid1.TextMatrix(0, 13) = "CAPAS"
If Form1.AuxA = "A1" Then
Aux = "ambiente a1"
End If
If Form1.AuxA = "A2" Then
Aux = "ambiente a2"
End If
If Form1.AuxA = "A3" Then
Aux = "ambiente a3"
End If
If Form1.AuxA = "A4" Then
Aux = "ambiente a4"
End If
If Form1.AuxA = "A5" Then
Aux = "ambiente a5"
End If
If Form1.AuxA = "A6" Then
Aux = "ambiente a6"
End If
If Form1.AuxA = "A7" Then
Aux = "ambiente a7"
End If
'If Form1.AuxA = "A1" Then
Do While Not DatPintura.Recordset.EOF
If DatPintura.Recordset.Fields(Aux) = "SI" _
And DatPintura.Recordset.Fields("sustrato") = UCase(Form1.AuxM) _
And DatPintura.Recordset.Fields("maxlimpieza") = UCase(Form1.AuxL) _
And DatPintura.Recordset.Fields("apariencia") = UCase(Form1.AuxB) _
Then
fila = fila + 1
Grid1.ColWidth(0) = 0
Grid1.TextMatrix(fila, 0) = " "
Grid1.ColWidth(1) = 700
Grid1.TextMatrix(fila, 1) = DatPintura.Recordset.Fields("codigo")
Grid1.ColWidth(2) = 4000

```

```

Grid1.TextMatrix(fila, 2) = DatPintura.Recordset.Fields("nombre")
Grid1.ColWidth(3) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 3) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a1")
Grid1.ColWidth(4) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 4) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a2")
Grid1.ColWidth(5) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 5) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a3")
Grid1.ColWidth(6) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 6) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a4")
Grid1.ColWidth(7) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 7) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a5")
Grid1.ColWidth(8) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 8) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a6")
Grid1.ColWidth(9) = 500
Grid1.TextMatrix(fila, 9) = DatPintura.Recordset.Fields("ambiente_a7")
Grid1.ColWidth(10) = 1000
Grid1.TextMatrix(fila, 10) = DatPintura.Recordset.Fields("sustrato")
Grid1.ColWidth(11) = 1500
Grid1.TextMatrix(fila, 11) = DatPintura.Recordset.Fields("maxlimpieza")
Grid1.ColWidth(12) = 1200
Grid1.TextMatrix(fila, 12) = DatPintura.Recordset.Fields("apariencia")
Grid1.ColWidth(13) = 1000
Grid1.TextMatrix(fila, 13) = DatPintura.Recordset.Fields("nrocapas")
DatPintura.Recordset.MoveNext
Else
    DatPintura.Recordset.MoveNext
End If
Loop
'End If
DatPintura.Recordset.Close
Exit Sub
Msg: MsgBox "Base de datos No encontrada"
End Sub

Private Sub Menu_Click()
Unload Form2
Load Form1
End Sub

Private Sub procesar_Click()
buscado = busc.Text
Unload Form2
Load Form3
End Sub

```

7.2.3 FORMULARIO 3: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PINTURA

Formulario 3 es la parte del proyecto en la que se especifica el sistema que el usuario indicó en el formulario 2. Para poder visualizar las propiedades de las pinturas se escribirá el código de una pintura en el recuadro que sigue a "SEÑALE EL CÓDIGO DE LA PINTURA PARA SU DESCRIPCIÓN". En este ejemplo se ha escrito P10.

GRÁFICO 7.3
INTERFAZ DEL FORMULARIO 3

Resultado _ □ ×

ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA

NOMBRE: Alto espesor aluminio **CODIGO:** S02

	CAPA PRIMARIA		CAPA INTERMEDIA		CAPA DE ACABADO	
	Cód.de Pintura	Espesor (mils)	Cód.de Pintura	Espesor (mils)	Cód.de Pintura	Espesor (mils)
	P10	3	P16	2	P20	2
Tipo Genérico	poliuretano		poliuretano		poliuretano	
Sub Tipo	curado húmedo		curado húmedo		alifático poliéster	
Pigmento	aluminio		aluminio		de color	
Nombre Descriptivo	primario anticorrosivo de aluminio		intermedio enlace de aluminio		acabado brillante alta resistencia	

Costo del Sistema de Pintura (\$/m2) : 5.93
Duración (años) : 9
Costo anual del Sistema de Pintura (\$/m2/año) : 0.66

SEÑALE EL CODIGO DE LA PINTURA PARA SU DESCRIPCIÓN

Al hacer clic en Procesar se verá el formulario 4 con la descripción de la pintura indicada.

Si se hace clic en Regresar, se volverá a visualizar el formulario 3 y su contenido.

Si se hace clic en Menu, se volverá a visualizar el formulario 1 pero en blanco.

CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DEL FORMULARIO 3

```
Public buscar As String
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim BasedeDatos As Database
```

```
Dim Tabla As Recordset
```

```
Dim duracion As Integer
```

```
Dim costo, costo1, costo2, costo3 As Integer
```

```
Dim rendimiento, rendimiento1, rendimiento2, rendimiento3 As Integer
```

```
costo1 = 0
```

```
costo2 = 0
```

```
costo3 = 0
```

```
rendimiento1 = 1
```

```
rendimiento2 = 1
```

```
rendimiento3 = 1
```

```
Form3.Left = (Screen.Width - Form3.Width) / 2
```

```
Form3.Top = (Screen.Height - Form3.Height) / 2
```

```
Form3.Show
```

```
On Error GoTo Msg
```

```
'-----SISTEMA-----
```

```
Set BasedeDatos = Workspaces(0).OpenDatabase("basedato727.mdb")
```

```
Set Tabla = BasedeDatos.OpenRecordset("sistema", dbOpenTable)
```

```
Set DatPinturas.Recordset = Tabla
```

```
Do While Not DatPinturas.Recordset.EOF
```

```
    If DatPinturas.Recordset.Fields("codigo") = UCase(Form2.buscado) Then
```

```
        codigo.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("codigo")
```

```
        nombre.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("nombre")
```

```
        c1.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("cpcod")
```

```
        e1.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("cpesp")
```

```
        c2.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("cicod")
```

```
        e2.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("ciesp")
```

```
        c3.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("cacod")
```

```
        e3.Caption = DatPinturas.Recordset.Fields("caesp")
```

```
        duracion = DatPinturas.Recordset.Fields("duracion")
```

```
        DatPinturas.Recordset.MoveNext
```

```
    Else
```

```
DatPinturas.Recordset.MoveNext
End If
```

```
Loop
```

```
DatPinturas.Recordset.Close
BasedeDatos.Close
```

```
'-----RECUBRIMIENTO-----'
```

```
Set BasedeDatos = Workspaces(0).OpenDatabase("basedato727.mdb")
Set Tabla = BasedeDatos.OpenRecordset("recubrimiento", dbOpenTable)
Set DatPinturita.Recordset = Tabla
```

```
Do While Not DatPinturita.Recordset.EOF
```

```
  If DatPinturita.Recordset.Fields("codigo") = UCase(c1.Caption) Then
    n1.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("nombre")
    t1.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("tipo")
    s1.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("subtipo")
    p1.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("pigmento")
    costo1 = DatPinturita.Recordset.Fields("costo")
    rendimiento1 = DatPinturita.Recordset.Fields("rendimiento")
```

```
    DatPinturita.Recordset.MoveNext
```

```
  End If
```

```
  If DatPinturita.Recordset.Fields("codigo") = UCase(c2.Caption) Then
    n2.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("nombre")
    t2.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("tipo")
    s2.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("subtipo")
    p2.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("pigmento")
    costo2 = DatPinturita.Recordset.Fields("costo")
    rendimiento2 = DatPinturita.Recordset.Fields("rendimiento")
```

```
    DatPinturita.Recordset.MoveNext
```

```
  End If
```

```
  If DatPinturita.Recordset.Fields("codigo") = UCase(c3.Caption) Then
    n3.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("nombre")
    t3.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("tipo")
    s3.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("subtipo")
    p3.Caption = DatPinturita.Recordset.Fields("pigmento")
    costo3 = DatPinturita.Recordset.Fields("costo")
    rendimiento3 = DatPinturita.Recordset.Fields("rendimiento")
```

```
    DatPinturita.Recordset.MoveNext
```

```
  End If
```

DatPinturita.Recordset.MoveNext

Loop

DatPinturita.Recordset.Close

BasedeDatos.Close

```
-----
csp.Caption = Format((costo1 * (Val(e1.Caption) / rendimiento1)) + _
    (costo2 * (Val(e2.Caption) / rendimiento2)) + _
    (costo3 * (Val(e3.Caption) / rendimiento3)), "###0.00")
```

dura.Caption = duracion

casp.Caption = Format(CStr(csp.Caption / dura.Caption), "###0.00")

Exit Sub

Msg: MsgBox "Base de datos No encontrada"

End Sub

Private Sub Menu_Click()

Unload Form3

Load Form1

End Sub

Private Sub procesar_Click()

buscar = bus.Text

Unload Form3

Load Form4

End Sub

Private Sub Regresar_Click()

Unload Form3

Load Form2

End Sub

7.2.4 FORMULARIO 4: DESCRIPCIÓN DE LA PINTURA

Formulario 4 es la parte del proyecto en la que se muestra las propiedades de la pintura que el usuario indicó en el formulario 3. Las flechas permiten avanzar o retroceder en el listado de propiedades.

GRÁFICO 7.4
INTERFAZ DEL FORMULARIO 4

Descripción

PROPIEDADES DE LA PINTURA

Código: P10 **Nombre:** primario anticorrosivo de aluminio

CODIGO	P10	
NOMBRE	primario anticorrosivo de aluminio	
TIPO GENÉRICO DE RESINA	poliuretano	
SUBTIPO GENÉRICO DE RESINA	curado húmedo	
PIGMENTO	aluminio	
COMPONENTES		1
RENDIMIENTO (m2 /gal/milipulgada)		69
PRECIO CON IMPUESTO INCLUIDO(\$/galón)		60
TIPO DE CAPA	P	

Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
(m)	de la mezcla	s	segundos en copa Ford#4
/v	vapores	(s)	sistema completo
/s	salpicaduras	cps	centipoises
/i	inmersión	N.A.	no aplicable
/d	derrames	N.D.	no disponible
/it	intermitente	N.D.	no disponible

Regresar

Menu

Al hacer clic en Regresar se vuelve a visualizar el formulario 3 y su contenido.

Al hacer clic en Menú se vuelve a visualizar el formulario 1 pero en blanco

CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DEL FORMULARIO 4

Public buscar As String

Private Sub Form_Load()

Dim BasedeDatos As Database

Dim Tabla As Recordset

Form4.Left = (Screen.Width - Form4.Width) / 2

Form4.Top = (Screen.Height - Form4.Height) / 2

Form4.Show

On Error GoTo Msg

-----recubrimiento-----

Set BasedeDatos = Workspaces(0).OpenDatabase("basedato727.mdb")

Set Tabla = BasedeDatos.OpenRecordset("recubrimiento", dbOpenTable)

Set DatPinturi.Recordset = Tabla

Do While Not DatPinturi.Recordset.EOF

 If DatPinturi.Recordset.Fields("codigo") = UCase(Form3.buscar) Then

 Grid1.Clear

 Grid1.Cols = 3

 Grid1.Rows = 35

 Grid1.ColWidth(0) = 0

 Grid1.TextMatrix(0, 0) = " "

 Grid1.ColWidth(1) = 3500

 Grid1.TextMatrix(1, 1) = "CODIGO"

 Grid1.TextMatrix(2, 1) = "NOMBRE"

 Grid1.TextMatrix(3, 1) = "TIPO"

 Grid1.TextMatrix(4, 1) = "SUBTIPO"

 Grid1.TextMatrix(5, 1) = "PIGMENTO"

 Grid1.TextMatrix(6, 1) = "COMPONENTES"

 Grid1.TextMatrix(7, 1) = "RENDIMIENTO"

 Grid1.TextMatrix(8, 1) = "COSTO"

 Grid1.TextMatrix(9, 1) = "CAPA"

 Grid1.TextMatrix(10, 1) = "NOM.COMERCIAL"

 Grid1.TextMatrix(11, 1) = "DENSIDAD"

 Grid1.TextMatrix(12, 1) = "VISCOCIDAD"

 Grid1.TextMatrix(13, 1) = "SOLIDOS EN PESO"

Grid1.TextMatrix(14, 1) = "SOLIDOS EN VOLUMEN"
 Grid1.TextMatrix(15, 1) = "CONTENIDO"
 Grid1.TextMatrix(16, 1) = "RESISTENCIA A LUZ"
 Grid1.TextMatrix(17, 1) = "RESISTENCIA A CORROSION"
 Grid1.TextMatrix(18, 1) = "RESISTENCIA A ABRASION"
 Grid1.TextMatrix(19, 1) = "RESISTENCIA A TEMPERATURA"
 Grid1.TextMatrix(20, 1) = "FLEXIBILIDAD AL MANDRIL CONICO"
 Grid1.TextMatrix(21, 1) = "ADHERENCIA SOBRE METAL BLANCO"
 Grid1.TextMatrix(22, 1) = "DUREZA"
 Grid1.TextMatrix(23, 1) = "APARIENCIA EN BRILLO"
 Grid1.TextMatrix(24, 1) = "RESISTENCIA A ACIDOS"
 Grid1.TextMatrix(25, 1) = "RESISTENCIA A ALCALIS"
 Grid1.TextMatrix(26, 1) = "RESISTENCIA A DISOLVENTES"
 Grid1.TextMatrix(27, 1) = "RESISTENCIA A AGUA"
 Grid1.TextMatrix(28, 1) = "RESISTENCIA A GASOLINA"
 Grid1.TextMatrix(29, 1) = "TIEMPO SECADO LIBRE DE POLVO"
 Grid1.TextMatrix(30, 1) = "TIEMPO SECADO AL TACTO"
 Grid1.TextMatrix(31, 1) = "TIEMPO SECADO DURO"
 Grid1.TextMatrix(32, 1) = "TIEMPO SECADO PARA REPINTADO"
 Grid1.TextMatrix(33, 1) = "TIMEPO SECADO PARA INMERSION"
 Grid1.TextMatrix(34, 1) = "VIDA UTIL"

Grid1.ColWidth(2) = 3000
 Grid1.TextMatrix(1, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("codigo")
 codigo.Caption = DatPinturi.Recordset.Fields("codigo")
 Grid1.TextMatrix(2, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("nombre")
 nombre.Caption = DatPinturi.Recordset.Fields("nombre")
 Grid1.TextMatrix(3, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("tipo")
 Grid1.TextMatrix(4, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("subtipo")
 Grid1.TextMatrix(5, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("pigmento")
 Grid1.TextMatrix(6, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("componentes")
 Grid1.TextMatrix(7, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("rendimiento")
 Grid1.TextMatrix(8, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("costo")
 Grid1.TextMatrix(9, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("capa")
 Grid1.TextMatrix(10, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("nomcom")
 Grid1.TextMatrix(11, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("densidad")
 Grid1.TextMatrix(12, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("viscosidad")
 Grid1.TextMatrix(13, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("sopeso")
 Grid1.TextMatrix(14, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("sovol")
 Grid1.TextMatrix(15, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("contenido")
 Grid1.TextMatrix(16, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("reluz")
 Grid1.TextMatrix(17, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("reorrosion")
 Grid1.TextMatrix(18, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("reabrasion")
 Grid1.TextMatrix(19, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("retemperatura")
 Grid1.TextMatrix(20, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("mandril")

```
Grid1.TextMatrix(21, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("metal")
Grid1.TextMatrix(22, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("dureza")
Grid1.TextMatrix(23, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("apariencia")
Grid1.TextMatrix(24, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("reacidos")
Grid1.TextMatrix(25, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("realcaliz")
Grid1.TextMatrix(26, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("redisolventes")
Grid1.TextMatrix(27, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("reagua")
Grid1.TextMatrix(28, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("regasolina")
Grid1.TextMatrix(29, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("secpolvo")
Grid1.TextMatrix(30, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("sectacto")
Grid1.TextMatrix(31, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("secduro")
Grid1.TextMatrix(32, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("secrepintado")
Grid1.TextMatrix(33, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("secinmercion")
Grid1.TextMatrix(34, 2) = DatPinturi.Recordset.Fields("vida")
```

```
Exit Sub
```

```
Else
```

```
DatPinturi.Recordset.MoveNext
```

```
End If
```

```
Loop
```

```
DatPinturi.Recordset.Close
```

```
BasedeDatos.Close
```

```
Exit Sub
```

```
Msg: MsgBox "Base de datos No encontrada"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Menu_Click()
```

```
Unload Form4
```

```
Load Form1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Regresar_Click()
```

```
Unload Form4
```

```
Load Form3
```

```
End Sub
```

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones de la presente tesis son:

- Al realizar una selección preliminar de sistemas de pinturas para los requerimientos determinados por las condiciones de servicio, por los alcances técnicos e incluso por asuntos de estética, es factible encontrar concordancia entre las recomendaciones prácticas de las compañías y las consideraciones teóricas de la bibliografía especializada.
- Asimismo, es factible explicar el desempeño de los sistemas de pinturas como capas protectoras en base al conocimiento de las propiedades físicas y químicas de las resinas y pigmentos de las pinturas que los conforman.
- Es factible también, plasmar el desarrollo de la selección preliminar de sistemas de pintura en programas de computadora, lográndose un acceso más rápido y versátil de la información.

8.2 RECOMENDACIONES

- Debiera complementarse la selección preliminar de sistemas de pinturas con ensayos de laboratorio o de campo que permitan asegurar que no hay error en la selección de los sistemas de pinturas.
- Es importante considerar que el buen desempeño de los sistemas de pinturas no sólo está en función de la correcta selección del sistema de pintura sino también en la adecuada preparación de superficie y una buena aplicación de cada una de las pinturas que conforman el sistema.
- Se debiera considerar la modificación de la base de datos con información en cuanto a nuevas pinturas, restricciones ecológicas y otros a fin de obtener recomendaciones actualizadas en cuanto a la selección de pinturas.

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA

1. Gonzalez J. "Control de la corrosión: Estudio y medida por técnicas electroquímicas". Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Grafipren S.A. España. 1989. Cap. 1: Pag.1, 2, Cap.2: Pag. 23-26.
2. Munger C. "Corrosion Prevention by Protective Coatings". 2da. Edición. NACE. Texas, U.S.A. 1984. Cap. 1: Pag. 1-9, Cap. 3: Pag. 47-61, Cap. 4: Pag. 63-82, Cap. 5: Pag. 89-128 , Cap. 6: Pag. 129-171, Cap. 8: Pag. 193-196, Cap. 9: Pag. 205-222, Cap. 12: Pag. 305-324, Cap. 14: Pag. 347-360, Cap. 19: Pag. 381-502.
3. Uhlig H., Aguilar E. "Corrosión y Control de la Corrosión" A.G.G. S.A. España. 1975. Cap. 1: Pag. 13-17, Cap. 13: Pag. 220, 221, Cap. 15: Pag. 231, 238.
4. Gonzalez J., Morcillo M y otros. "Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión". Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Grafimad S.A. España. 1984. Cap. 14 Pag. 385-421, Cap. 15 Pag.423-459, Cap. 18 Pag.. 509-556.
5. Hare, C. "Protective Coatings. Fundamentals of chemistry and composition". T.P.C. Pennsylvania, U.S.A. 1994. Cap. 1-19: Pag.1-289.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM) "Annual book of ASTM standards. Part 27: Paint-Test for formulated products and applied coatings". Philadelphia, U.S.A. 1981. P. 99.

7. Gondon H Brevoort, A.H. Roebuck. "1988 Paint and Coatings Selection and Cost Guide" de la revista MATERIAL PERFORMANCE. NACE (National Association of Corrosion Engineers). California, U.S.A. Junio 1988. P.29-41

CAPÍTULO X

ANEXOS

ANEXO 1

TRADUCCIÓN RESUMIDA DEL ESTÁNDAR ISO 9223

CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA

El estándar ISO 9223 clasifica la corrosividad de una atmósfera sobre metales basándose en mediciones de: tiempo de humectación y niveles de polución (por salinidad y por dióxido de azufre)

A) CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA

Este estándar establece 5 categorías de corrosividad (C_i), asignando un rango de velocidad de corrosión (VC) del acero al carbono para cada categoría. Considera mediciones a Corto plazo y a Largo plazo. Esto se especifica en la Tabla 1

TABLA 1
Categorías de corrosividad atmosférica caracterizadas por la velocidad de corrosión del acero a corto y largo plazo

Categoría	Corto plazo ($\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$)	Largo plazo (micras año^{-1})
C₁	VC \leq 10	VC \leq 0.1
C₂	10 < VC \leq 200	0.1 < VC \leq 1.5
C₃	200 < VC \leq 400	1.5 < VC \leq 6
C₄	400 < VC \leq 650	6 < VC \leq 20
C₅	650 < VC	20 < VC

La norma también establece una correspondencia entre las categorías de corrosividad de una atmósfera y las velocidades de corrosión a corto plazo de tres metales adicionales: el cobre, el aluminio y el zinc. Esto se detalla en la Tabla 2.

TABLA 2

Categorías de corrosividad atmosférica caracterizadas por la velocidad de corrosión (en $\text{g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) a corto plazo de los metales acero, cobre, aluminio y zinc.

Categoría	Acero	Cobre	Aluminio	Zinc
C₁	$\text{VC} \leq 10$	$\text{VC} \leq 0.9$	insignificante	$\text{VC} \leq 0.7$
C₂	$10 < \text{VC} \leq 200$	$0.9 < \text{VC} \leq 5$	$\text{VC} \leq 0.6$	$0.7 < \text{VC} \leq 5$
C₃	$200 < \text{VC} \leq 400$	$5 < \text{VC} \leq 12$	$0.6 < \text{VC} \leq 2$	$5 < \text{VC} \leq 15$
C₄	$400 < \text{VC} \leq 650$	$12 < \text{VC} \leq 25$	$2 < \text{VC} \leq 5$	$15 < \text{VC} \leq 30$
C₅	$650 < \text{VC}$	$25 < \text{VC}$	$5 < \text{VC}$	$30 < \text{VC}$

B) FACTORES ATMOSFÉRICOS CORROSIVOS.

Las categorías de corrosividad están relacionados con los factores atmosféricos que tienen más influencia en la corrosión de metales y aleaciones, estos son:

- **Tiempo de humectación (T):** tiempo en que la humedad relativa (THR) es mayor al 80% a una temperatura mayor que 0 °C. Sus unidades son horas/año.
- **Polución atmosférica:** está referida específicamente a los aspectos:
 - **Polución del aire por dióxido de azufre (P),** cuyos niveles son cuantificados en base a su velocidad de deposición de sulfato (DS) o en base a su concentración. Sus unidades están en $\text{mg/m}^2/\text{día}$ ó en mg/m^3
 - **Salinidad del aire (S),** cuyos niveles son cuantificados en base a la velocidad de deposición de cloruro (DC). Sus unidades están en $\text{mg/m}^2/\text{día}$

Cada uno de estos tres factores están estratificados en categoría por medio de intervalos según se muestra en las siguientes tablas:

TABLA 3

Categorías de tiempo de humectación

Categoría	Intervalo de Tiempo de Humedad Relativa > 80% a temperatura > 0°C (hora año⁻¹)
T₁	THR ≤ 10
T₂	10 < THR ≤ 250
T₃	250 < THR ≤ 2500
T₄	2500 < THR ≤ 5500
T₅	5500 < THR

TABLA 4

Categorías de polución por dióxido de azufre

Categoría	Intervalos de deposición de sulfato (mg m² día⁻¹)
P₀	DS ≤ 10
P₁	10 < DS ≤ 35
P₂	35 < DS ≤ 80
P₃	80 < DS ≤ 200

TABLA 5

Categorías de salinidad del aire

Categoría	Intervalos de deposición de cloruro (mg m² día⁻¹)
S₀	DC ≤ 3
S₁	3 < DC ≤ 60
S₂	60 < DC ≤ 300
S₃	300 < DC ≤ 1500

**C) CORRESPONDENCIA ENTRE LA CORROSIVIDAD
ATMOSFÉRICA Y LOS FACTORES ATMOSFÉRICOS CORROSIVOS**

Las tablas que están a continuación se utilizan para determinar cual es la Categoría de corrosividad atmosférica (C) asociado a las categorías de los factores atmosféricos corrosivos, los cuales deben determinarse previamente con mediciones experimentales y con las tablas 3 , 4 y 5.

Se escogerá una de las siguientes tablas según la categoría de Tiempo de humectación (T) en particular.

TABLA 6

Primera categoría de tiempo de humectación (T₁)

Salinidad	Polución por SO ₂	Acero	Cobre y Zinc	Aluminio
S ₀ ó S ₁	P ₁	C ₁	C ₁	C ₁
	P ₂	C ₁	C ₁	C ₁
	P ₃	C ₁₋₂	C ₁	C ₁
S ₂	P ₁	C ₁	C ₁	C ₂
	P ₂	C ₁	C ₁	C ₂
	P ₃	C ₁₋₂	C ₁₋₂	C ₂₋₃
S ₃	P ₁	C ₁₋₂	C ₁	C ₂
	P ₂	C ₁₋₂	C ₁₋₂	C ₂₋₃
	P ₃	C ₁	C ₂	C ₃

TABLA 7

Segunda categoría de tiempo de humectación (T₂)

Salinidad	Polución por SO ₂	Acero	Cobre y Zinc	Aluminio
S ₀ ó S ₁	P ₁	C ₁	C ₁	C ₁
	P ₂	C ₁₋₂	C ₁₋₂	C ₁₋₂
	P ₃	C ₂	C ₂	C ₃₋₄
S ₂	P ₁	C ₂	C ₁₋₂	C ₂₋₃
	P ₂	C ₂₋₃	C ₂	C ₃₋₄
	P ₃	C ₃	C ₃	C ₄
S ₃	P ₁	C ₃₋₄	C ₃	C ₄
	P ₂	C ₃₋₄	C ₃	C ₄
	P ₃	C ₄	C ₃₋₄	C ₄

TABLA 8

Tercera categoría de tiempo de humectación (T₃)

Salinidad	Polución por SO ₂	Acero	Cobre y Zinc	Aluminio
S ₀ ó S ₁	P ₁	C ₂₋₃	C ₃	C ₃
	P ₂	C ₃₋₄	C ₃	C ₃
	P ₃	C ₄	C ₃	C ₃₋₄
S ₂	P ₁	C ₃₋₄	C ₃	C ₃₋₄
	P ₂	C ₃₋₄	C ₃₋₄	C ₄
	P ₃	C ₄₋₅	C ₃₋₄	C ₄₋₅
S ₃	P ₁	C ₄	C ₃₋₄	C ₄
	P ₂	C ₄₋₅	C ₄	C ₄₋₅
	P ₃	C ₅	C ₄	C ₅

TABLA 9

Cuarta categoría de tiempo de humectación (T₄)

Salinidad	Polución por SO ₂	Acero	Cobre y Zinc	Aluminio
S ₀ ó S ₁	P ₁	C ₃	C ₃	C ₃
	P ₂	C ₄	C ₃₋₄	C ₃₋₄
	P ₃	C ₅	C ₄₋₅	C ₄₋₅
S ₂	P ₁	C ₄	C ₄	C ₃₋₄
	P ₂	C ₄	C ₄	C ₄
	P ₃	C ₅	C ₅	C ₅
S ₃	P ₁	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₂	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₃	C ₅	C ₅	C ₅

TABLA 10

Quinta categoría de tiempo de humectación (T₅)

Salinidad	Polución por SO ₂	Acero	Cobre y Zinc	Aluminio
S ₀ ó S ₁	P ₁	C ₃₋₄	C ₃₋₄	C ₄
	P ₂	C ₄₋₅	C ₄₋₅	C ₄₋₅
	P ₃	C ₅	C ₅	C ₅
S ₂	P ₁	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₂	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₃	C ₅	C ₅	C ₅
S ₃	P ₁	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₂	C ₅	C ₅	C ₅
	P ₃	C ₅	C ₅	C ₅

ANEXO 2A
TABLA DE CLASIFICACIÓN DE RESINAS (5)

- **Lacas termoplásticas (son soluciones de altos polímeros)**
 - Acrílicas
 - Vinílicas
 - Resinas de alto estireno
 - Caucho clorado
 - Ester celulósico Éteres celulósicos
 - Bituminosas
 - Mezclas de hidrocarburos
- **Resinas termoplásticas en dispersión: mezclas coloidales**
 - **Sistemas látex**
 - Polímeros basados en acetato de vinilo
 - Polímeros basados en cloruro de vinilo
 - Polímeros basados en acrílicos
 - Polímeros basados en estireno butadieno
 - **Plastisoles, organosoles y dispersiones no acuosas**
 - Vinílicos
 - Acrílicos
 - **Resinas para recubrimientos termoplásticos en polvo**
 - Vinílicos
 - Acrílicos
 - Poliolefinas
 - Fluoropolímeros
- **Sistemas de Conversión química : reacción química**
 - **Sistemas de adición**
 - **Sistemas tipo epoxi amina y epoxi amida**
 - **Sistemas ester cianato y epoxi polisulfuro**
 - **Recubrimientos en polvo termoestables: Epoxi anhídrido, Epoxi dicianidamida, Epoxi poliéster**
 - **Sistemas de uretano**

- **Poliésteres insaturados**
- **Ésteres vinílicos**
- **Sistemas monoméricos y oligoméricos insaturados**
- **Sistemas de condensación**
 - **Fenólicos (incluso epoxi fenólicos)**
 - **Sistemas de curado amino: Alquídic, epóxico, acrílico y poliésteres termoestables saturados**
 - **Siliconas**
- **Sistemas reactivos atmosféricamente: reaccionan con el oxígeno o el agua**
 - **Sistemas de oxidación**
 - **Sistemas de aceite no modificado**
 - **Alquídicos**
 - **Epoxi ésteres**
 - **Uralquídicos**
 - **Barnices fenólicos y oleoresinosos.**
 - **Sistemas de curado en agua**
 - **Ureas (uretano de curado húmedo)**
 - **Silicatos de alquilo**

ANEXO 2B

TABLA DE LA COMPOSICIÓN PORCENTUAL APROXIMADA DE ALGUNOS ACEITES

ACEITE	CLASE	ACIDOS GRASOS CONTENIDOS EN EL ACEITE					
		Saturados	Oleico	Ricinoleico	Linoleico	Linolénico	Eleosteárico
Coco	No secante	90	8	-	2	-	-
Oliva	No secante	12	83	-	5	-	-
Ricino	No secante	3	7	88	2	-	-
Soja	Semisecante	13	27	-	54	6	-
Linaza	Secante	9	19	-	25	47	-
Tung	Secante	4	6	-	2	-	88

ANEXO 2C

CUADRO DE ESTRUCTURAS DE ALGUNOS ÁCIDOS GRASOS

ÁCIDO	FÓRMULA	GLICÉRIDO
Estearico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$	No Secante
Oleico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	No Secante
Ricinoleico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	No Secante
Linoleico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	Semisecante
Linolénico	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	Secante
Eleosteárico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	Bien secante
Licánico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$	Bien secante

ANEXO 2 D

CUADRO DE LA LONGITUD DE ACEITE DE LOS ALQUIDICOS Y EL EFECTO EN SUS PROPIEDADES (5)

PROPIEDADES	POLIESTERES SATURADOS	ALQUIDICOS DE ACEITE CORTO	ALQUIDICOS DE ACEITE MEDIO	ALQUIDICOS DE ACEITE LARGO
% Aceite	0	30 a 48	48 a 59	59 a 85
% Anh.Ftálico	75	38 a 50	30 a 38	10 a 30
Tipo de curado	Químico, Horno	Químico, Oxidativo, Horno, Aire seco	Oxidativo, Aire seco	Oxidativo, Aire seco lento
Tiempo de curado (horas)		1/2 a 2	1 a 4	4 a 10
Dureza relativa	Muy duro	Duro	Duro moderado	Duro moderado a suave
Brillo relativo	Alto	Alto	Alto	Semibrillante
Solventes comunes	Xilol, Toluol	Xilol, Toluol	Aguarrás, Nafta aromática	Aguarrás
Aplicación	Pistola, Inmersión	Pistola, Inmersión	Pistola, Inmersión, Brocha	Pistola, Inmersión, Brocha, Rodillo

ANEXO 3
LISTA DE PIGMENTOS INHIBIDORES (5)

INHIBIDORES TRADICIONALES DE PLOMO Y CROMATO

- Plomo rojo
- Subóxido de plomo
- Sílico cromato básico de plomo
- Fosfito di básico de plomo
- Fosfosilicato tribásico de plomo
- Plumbato de calcio
- Nitroftalato de plomo
- Cromato de zinc (cromato de zinc y de potasio)
- Cromato básico de zinc
- Cromatos de estroncio ó calcio ó bario

INHIBIDORES LIBRES DE PLOMO Y CROMATOS

- Fosfato de zinc (dihidratado ó tetrahidratado)
- Fosfato básico de zinc
- Fosfato básico de zinc y aluminio
- Fosfato molibdato básico de zinc
- Fosfato de bario y de zinc
- Fosfato de magnesio y zinc
- Fosfito básico de zinc
- Fosfosilicato de zinc
- Fosfosilicatos de calcio (sólo ó con bario ó con estroncio)
- Molibdato básico de zinc (sólo ó con calcio)
- Borosilicato de calcio
- Metaborato de bario
- Borato de zinc

ANEXO 4

MÉTODOS ESTÁNDAR PARA ENSAYOS DE RECUBRIMIENTOS Y REVESTIMIENTOS (2)

NOMBRE	DESIGNACIÓN
Ensayo de Niebla Salina (NaCl)	ASTM B - 117
Ensayo de Niebla Salina-Ácida (NaCl - Ácido Acético)	ASTM B - 287
Ensayo de Niebla Salina-Ácido-Acelerada con Cobre (NaCl-Acético Acético-CuCl ₂)	ASTM B - 368
Preparación de Paneles de Acero para el Ensayo de Pinturas, Barnices, Lacas y Productos Relacionados.	ASTM D - 609
Evaluación del Grado de Herrumbre en Superficies de Acero Pintadas	ASTM D - 610
Evaluación del Grado de Tizado en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 659
Evaluación del Grado de Fisuramiento en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 660
Evaluación del Grado de Resquebrajamiento en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 661
Evaluación del Grado de Erosión en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 662
Evaluación del Grado de Ampollamiento en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 714
Evaluación del Grado de Desprendimiento en Pinturas para Exteriores	ASTM D - 772
Práctica Recomendada para la Operación de Equipos de Exposición Luz-Agua (Tipo Arco de Carbón) en Ensayos de Pinturas, Barnices, Lacas y Productos Relacionados.	ASTM D - 822
Formación de Películas de Espesor Uniforme con Pinturas, Barnices, Lacas y Productos Relacionados sobre Paneles de Ensayo	ASTM D - 823
Prueba de Inmersión en Agua para Recubrimientos Orgánicos sobre Acero	ASTM D - 870
Prueba de Resistencia a la Abrasión de Recubrimientos de Pinturas, Barnices, Lacas y Productos Relacionados por el Método de Caída de Arena	ASTM D - 968
Medición del Espesor de Película Seca de Recubrimientos Orgánicos	ASTM D - 1005

ANEXO 4 (continuación)

NOMBRE	DESIGNACIÓN
Conducción de los Ensayos de Exposición Exterior de Pinturas sobre Acero	ASTM D - 1014
Medición del Espesor de Película Seca de Recubrimientos Orgánicos No Magnéticos sobre una Base Magnética	ASTM D - 1186
Medición del Espesor de Película Húmeda de Recubrimientos Orgánicos	ASTM D - 1212
Medición del Espesor de Película Seca de Recubrimientos No Metálicos de Pintura, Bar-niz, Laca y Productos Relacionados Aplicados sobre una Base Metálica No Magnética	ASTM D - 1400
Prueba de Permeabilidad al Vapor de Agua en Películas de Recubrimiento Orgánico.	ASTM D - 1653
Evaluación de Placas Metálicas Pintadas o Recubiertas Expuestas a Ambientes Corrosivos.	ASTM D - 1654
Ensayo de Niebla de Agua para Recubrimientos Orgánicos	ASTM D - 1735
Prueba de Adherencia para Recubrimientos Orgánicos	ASTM D - 2197
Ensayo de Placas Metálicas Recubiertas en 100% de Humedad Relativa	ASTM D - 2247
Prueba de Porosidad para Películas de Pintura	ASTM D - 3258
Guía Recomendada para Inspectores de Pintura	ASTM D - 3276
Medición de la Adherencia con la Prueba de la Cinta Adhesiva.	ASTM D - 3359
Práctica de Manejo de Equipos (tipo arco de carbón no filtrado) de Exposición al Agua y la Luz para Ensayo de Pintura, Barniz, Laca y Productos Relacionados utilizando el Ciclo de Rocío	ASTM D - 3361
Ensayo de Dureza de la Película por el Método del Lápiz	ASTM D - 3363
Práctica Recomendada para la Medición del Espesor de Recubrimientos por Campo Magnético o Corrientes de Eddy (métodos de prueba electromagnética)	ASTM E - 376
Prueba de Desprendimiento Catódico de Recubrimientos de Tuberías	ASTM G - 8
Medición No Destructiva de Espesor de Película de Recubrimientos de Tuberías de Acero	ASTM G - 12

ANEXO 5

DURACION APROXIMADA DE LOS SISTEMAS DE PINTURA (7)

(en años antes del primer mantenimiento de pintura al observarse entre el 3 y 5 % de deterioro)

CÓDIGO DE SISTEMA	CAPA PRIMARIA		CAPA INTERMEDIA		CAPA DE ACABADO		DURACIÓN (años)
	Cód. de Pintura	Espesor (mpulg)	Cód. de Pintura	Espesor (mpulg)	Cód. de Pintura	Espesor (mpulg)	
S 1	P 9	3	P 16	2	P 20	2	10
S 2	P 10	3	P 16	2	P 20	2	9
S 3	P 6	3			P 19	2	6
S 4	P 7	3			P 19	2	10
S 5	P 6	3			P 20	2	8
S 6	P 7	3			P 20	2	10
S 7	P 8	3			P 20	2	9
S 8	P 8	3			P 19	2	9
S 9	P 1	3	P 15	2	P 20	2	10
S 10	P 1	3	P 15	2	P 19	2	10
S 11	P 1	3	P 15	2	P 22	2	10
S 12	P 2	3			P 17	2	8
S 13	P 3	3			P 17	2	10
S 14	P 4	3			P 17	2	8
S 15	P 5	3			P 18	2	8
S 16	P 11	3			P 23	2	3
S 17	P 9	3			P 21	2	8
S 18	P 12	4.5					8
S 19	P 12	2					8
S 20	P 13	1.5					8
S 21	P 14	1.5					8
S 22	P 7	2			P 23	2	9
S 23	P 24	5					7

ANEXO 6

PRECIOS PROMEDIO APROXIMADOS DE LAS PINTURAS COMERCIALIZADAS EN EL PERÚ

Código	ESPECIFICACIÓN GENÉRICA DE LA PINTURA			\$/Gal
	Tipo de Capa	Nombre de la Resina	Pigmento	
P01	Primario	Inorgánico Rico en Zinc base solvente	Zinc	50
P02	Primario	Epóxico Poliamida	Minio	40
P03	Primario	Epóxico Poliamida	Cromato de zinc	35
P04	Primario	Epóxico Poliamida	(ninguno)	25
P05	Primario	Epóxico Amina	Minio	50
P06	Primario	Epóxico Aducto Amina	Minio	55
P07	Primario	Epóxico Aducto Amina	Cromato de zinc	50
P08	Primario	Orgánico Rico en Zinc base Epóxico Polamida	Zinc	45
P09	Primario	Orgánico Rico en Zinc base Poliuretano de curado húmedo	Zinc	65
P10	Primario	Poliuretano de Curado Húmedo	Aluminio	60
P11	Primario	Alquídico de aceite medio	Óxido férrico	15
P12	Directo a metal	Poliuretano Alifático catalizado con acrílico hidroxilado	Fosfato Básico de Zinc y de color	55
P13	Directo a metal	Cumarona	Aluminio	35
P14	Directo a metal	Polisiloxano	Aluminio	50
P15	Intermedio	Epóxico Poliamida	Óxido férrico	30
P16	Intermedio	Poliuretano de curado húmedo	Aluminio	60
P17	Acabado	Epóxico Poliamida	De color	30
P18	Acabado	Epóxico Amina	De color	40
P19	Acabado	Epóxico Aducto Amina	De color	45
P20	Acabado	Poliuretano Alifático catalizado con poliéster hidroxilado	De color	50
P21	Acabado	Poliuretano Alifático catalizado con acrílico hidroxilado	De color	45
P22	Acabado	Alquídico y Acrílico catalizable con poliuretano alifático	De color	35
P23	Acabado	Alquídico de aceite medio	De color	15
P24	Directo a metal	Epóxico Amina de altos sólidos	Fosfato Básico de Zinc y de color	65

* Los precios incluyen el 19% de impuestos. Se han obtenido de los precios de venta de tres compañías peruanas.

ANEXO 7

CÁLCULO DEL COSTO DE PINTURA POR UNIDAD DE ÁREA

Considerando como ejemplo al sistema S1 y la siguiente información relacionada:

a) La especificación del sistema S1 (ver Tabla 6.10):

CAPA PRIMARIA		CAPA INTERMEDIA		CAPA DE ACABADO	
Código de Pintura	Espesor (mpulg)	Código de Pintura	Espesor (mpulg)	Código de Pintura	Espesor (mpulg)
P9	3.0	P16	2.0	P20	2.0

b) Los datos para las pinturas relacionadas (ver Tabla 6.4 y Anexo 6) :

CÓDIGO DE PINTURA	TIPO GENÉRICO	SUBTIPO	PIGMENTO	RENDIMIENTO (m ² /gal/mpulg)	PRE-CIO (\$/gal)
P 9	Poliuretano	Curado húmedo	zinc	94	65.0
P 16	Poliuretano	Curado húmedo	aluminio	50	60.0
P 20	Poliuretano	Alifático-poliéster	(de color)	57	50.0

c) La duración del sistema de pinturas es de 10 años (ver Anexo 5).

Se realiza los siguientes cálculos:

a) Costo de cada pintura por unidad de área para el espesor respectivo: se multiplica el precio por el espesor y se divide entre el rendimiento.

$$\text{Para la pintura P 9: } 65.0 \times 3,0 / 94 = 2.07 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{Para la pintura P16: } 60.0 \times 2,0 / 50 = 2.40 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{Para la pintura P20: } 50.0 \times 2,0 / 57 = 1.75 \text{ \$/m}^2$$

b) Costo del sistema de pintura: se suma los costos de las pinturas componentes del sistema.

$$2.07 + 2.40 + 1.75 = 6.22 \text{ \$/m}^2$$

c) Costo del sistema de pintura por año: se divide el costo del sistema de pintura entre la duración: $6.22 / 10 = 0.62 \text{ \$/m}^2 / \text{año}$